

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012179431 **Image available**

WPI Acc No: 1998-596342/199851

XRPX Acc No: N98-464068

Magnetoresistive effect element for magnetic head of magnetic recording device - has magnetic premagnetisation film which provides premagnetisation field for free layer and consists of stack of films containing strongly magnetic film and magnetic film with high magnetic saturation magnetisation

Patent Assignee: TOSHIBA KK (TOKE)

Inventor: FUKUZAWA H; IWASAKI H; KAMIGUCHI Y

Number of Countries: 003 Number of Patents: 004

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 19820465	A1	19981112	DE 1020465	A	19980507	199851 B
JP 10312514	A	19981124	JP 97117235	A	19970507	199906
US 6118624	A	20000912	US 9869163	A	19980429	200046
JP 3253556	B2	20020204	JP 97117235	A	19970507	200211

Priority Applications (No Type Date): JP 97117235 A 19970507

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 19820465	A1		45	H01L-043/08	
JP 10312514	A		22	G11B-005/39	
US 6118624	A			G11B-005/39	
JP 3253556	B2		22	G11B-005/39	Previous Publ. patent JP 10312514

Abstract (Basic): DE 19820465 A

The element has a magnetoresistive effect film with a Pinning layer, a magnetic layer and a free layer staled upon an un-magnetised layer. The magnetisation direction is altered as a result of an external magnetic field.

A magnetic premagnetisation film (B) which provides a premagnetisation field for the free layer consists of a stack of films containing a strongly magnetic film (H) and a magnetic film (S) with high magnetic saturation magnetisation, which is greater than or equal to that of the free magnetic film and/or greater than or equal to that of the strongly magnetic film.

USE - For magnetic head of magnetic recording device.

ADVANTAGE - Enables effective suppression of Barkhausen noise, e.g. when narrow track width is selected.

Dwg.1a/45

Title Terms: MAGNETORESISTIVE; EFFECT; ELEMENT; MAGNETIC; HEAD; MAGNETIC; RECORD; DEVICE; MAGNETIC; PREMAGNETISED; FILM; PREMAGNETISED; FIELD; FREE; LAYER; CONSIST; STACK; FILM; CONTAIN; STRONG; MAGNETIC; FILM; MAGNETIC; FILM; HIGH; MAGNETIC; SATURATE; MAGNETISE

Derwent Class: T03; U12; V02

International Patent Class (Main): G11B-005/39; H01L-043/08

International Patent Class (Additional): G11B-005/127; H01F-010/00;

H01F-010/30

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): T03-A03C3; T03-A03E; T03-A03J1A; U12-B01B; V02-B03

?



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 198 20 465 A 1

51 Int. Cl.⁶:
H 01 L 43/08
G 11 B 5/127
H 01 F 10/00

21 Aktenzeichen: 198 20 465.5
22 Anmeldetag: 7. 5. 98
43 Offenlegungstag: 12. 11. 98

DE 198 20 465 A 1

30 Unionspriorität:
9-117235 07. 05. 97 JP
71 Anmelder:
Kabushiki Kaisha Toshiba, Kawasaki, Kanagawa, JP
74 Vertreter:
HOFFMANN · EITLE, 81925 München

72 Erfinder:
Fukuzawa, Hideaki, Sagamihara, Kanagawa, JP;
Kamiguchi, Yuzo, Yokohama, Kanagawa, JP;
Iwasaki, Hitoshi, Yokosuka, Kanagawa, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Magnetowiderstandseffektelement, und ein derartiges Element aufweisender Magnetkopf und magnetische Aufzeichnungseinrichtung

57 Ein Spin-Wave-GMR-Element weist einen Spin-Wave-GMR-Film auf, bei welchem stapelförmig hintereinander eine Pinningschicht, eine unmagnetische Schicht, und eine freie Schicht, deren Magnetisierungsrichtung sich entsprechend einem externen Magnetfeld ändert, vorgesehen sind, und ein magnetischer Vormagnetisierungsfilm ein Vormagnetisierungs-Magnetfeld für die freie Schicht zur Verfügung stellt. Ein Spin-Wave-GMR-Film kann als Doppelement ausgebildet sein. Ein magnetischer Vormagnetisierungsfilm weist einen Filmstapel aus einer magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung und einer hartmagnetischen Schicht auf. Die magnetische Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung weist eine Sättigungsmagnetisierung von M_s^{high} auf, die dann, wenn die Sättigungsmagnetisierung der freien Schicht gleich M_s^{free} ist, und die Sättigungsmagnetisierung der hartmagnetischen Schicht gleich M_s^{hard} ist, zumindest eine der folgenden Bedingungen erfüllt: $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{free}}$ oder $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{hard}}$. Bei einem Spin-Wave-GMR-Kopf mit umgekehrter Anordnung oder einem Doppelementtyp kann selbst dann, wenn die Spurbreite verringert wird, das Auftreten von Barkhausen-Rauschen wirksam unterdrückt werden.

DE 198 20 465 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Magnetowiderstandseffektelement, sowie einen Magnetkopf und eine magnetische Leseeinrichtung, die beide ein derartiges Element verwenden.

Bei einer magnetischen Aufzeichnungseinrichtung, beispielsweise einem Festplattenlaufwerk (HDD) wird zur Verbesserung der Aufzeichnungsdichte die Verengung der Aufzeichnungsspurbreite eines Lesemediums durchgeführt. Um die Abnahme der Leseausgangsleistung zu kompensieren, die bei dieser Verengung der Aufzeichnungsspurbreite auftritt, besteht ein Bedürfnis nach einem Magnetkopf, der mit einem hochempfindlichen Magnetowiderstandseffektelement (MR-Element) versehen ist. Als potentieller Kandidat für diesen Zweck wird insbesondere ein MR-Kopf angesehen, der einen Spin-Wave-Film aufweist, der als magnetischer Mehrschichtfilm ausgebildet ist, und eine ferromagnetische Schicht aufweist, deren Magnetisierung sich entsprechend einem Signalmagnetfeld ändert (nachstehend als freie Schicht bezeichnet), eine unmagnetische Schicht, eine ferromagnetische Schicht, deren Magnetisierung eine koerzitive Blockierung aufweist (nachstehend als Pinningschicht bezeichnet), sowie eine antiferromagnetische Schicht zur koerzitativen Blockierung der Pinningschicht, und welcher einen Riesen-Magnetowiderstandseffekt zeigt.

Bei einem MR-Kopf, der einen Spin-Wave-Film verwendet, stellt bei der Umsetzung in die Praxis das Barkhausen-Rauschen, welches durch diskontinuierliche Bewegung von Bloch-Wänden einer freien Schicht hervorgerufen wird, ein wesentliches Problem dar. Zur Überwindung dieses Problems wird ein MR-Kopf mit sogenanntem Anstoßübergangsaufbau vorgeschlagen, bei welchem wie in Fig. 44 gezeigt, die Außenseiten beider Randabschnitte außerhalb einer Aufzeichnungsspurbreite W_i eines Spin-Wave-Films 1 weggeätzt sind, und dort jeweils harte magnetische Schichten 2 als harte magnetische Vormagnetisierungsfilme angeordnet sind.

Als ein weiterer MR-Kopf wird, wie in Fig. 45 gezeigt, eine sogenannte Überlagerungsanordnung als Vormagnetisierungsmagnetfeldeingabefilm vorgeschlagen, bei welchem auf einem Paar harter magnetischer Schichten 2 Außenabschnitte der beiden Randabschnitte als Spin-Wave-Film 1 zumindest gestapelt ausgebildet sind. Ein Paar harter magnetischer Schichten 2 wird vorher in einem Bereich außerhalb einer Aufzeichnungsspurbreite W_i eines Spin-Wave-Films 1 angeordnet.

Bei einem MR-Kopf, bei welchem die voranstehend geschilderte Vormagnetisierungsanordnung angesetzt wird, wird durch Entfernen der Bloch-Wand der freien Schicht 3 mit einem Vormagnetisierungs-Magnetfeld von einer harten magnetischen Schicht 2 das Auftreten von Barkhausen-Rauschen unterdrückt. Hierbei besteht bei jedem Spin-Wave MR-Kopf, der in Fig. 44 bzw. 45 gezeigt ist, ein Spin-Wave-Film 1 im wesentlichen aus einer freien Schicht 3, einer unmagnetischen Schicht 4, einer Pinningschicht 5, und einer antiferromagnetischen Schicht 6. Auf einer harten magnetischen Schicht 2 (Fig. 44) oder auf einem Spin-Wave-Film 1 (Fig. 45) ist ein Paar von Elektroden 7 zum Zuführen eines Meßstroms an einen Spin-Wave-Film 1 vorgesehen.

Ein Spin-Wave-Film 1 ist zwischen einem Paar aus einer oberen und einer unteren magnetischen Abschirmschicht 9a, 9b angeordnet, wobei jeweils ein Magnetspaltfilm 8a bzw. 8b vorgesehen ist. Hierdurch wird ein abgeschirmter MR-Kopf ausgebildet. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit eines Spin-Wave-Films 1 ist als Material für eine freie Schicht 3 und einer Pinningschicht 5 ein ferromagnetisches Material wirksam, welches Co enthält, beispielsweise eine CoFe-Legierung.

Um mit einer noch höheren magnetischen Aufzeichnungsdichte fertig zu werden, ist selbst bei einem Spin-Wave-MR-Kopf eine weitere Spaltverengung (Verdünnung der Magnetspaltfilme 8a, 8b) erforderlich. Wenn die voranstehend geschilderte Vormagnetisierungsanordnung bei einem derartigen MR-Kopf mit engen Spalten eingesetzt wird, tritt die Schwierigkeit auf, daß eine wirksame Vormagnetisierungsleistung nicht erzielt werden kann. Selbst wenn versucht wird, die Vormagnetisierungskraft durch Erhöhung der Filmdicke einer harten magnetischen Schicht 2 als hartem magnetischen Vormagnetisierungsfilm zu erhöhen, läßt sich infolge der Tatsache, daß das Vormagnetisierungsfeld zu den magnetischen Abschirmschichten 9a, 9b austritt, keine wirksame Vormagnetisierungskraft erhalten.

Weiterhin wurde kürzlich, um die Stabilisierung einer Pinningschicht oder die Verbesserung ihrer Eigenschaften außerhalb ihrer Spur zu erreichen, ein Spin-Wave-Film mit umgekehrter Anordnung vorgeschlagen, bei welchem die Positionen einer freien Schicht 3 und einer Pinningschicht 5 umgekehrt sind. Bei einem Spin-Wave-Film mit umgekehrter Anordnung erfolgt eine Stapelung von der Substratseite aus, und zwar einer antiferromagnetischen Schicht, einer Pinningschicht, einer unmagnetischen Schicht, und einer freien Schicht. Weiterhin wurde, um eine hohe Empfindlichkeit eines MR-Kopfes zu erzielen, ein Doppелеlement-Spin-Wave-Film vorgeschlagen, der 2 freie Schichten oder Pinningschichten aufweist. Bei MR-Köpfen, welche derartige Spin-Wave-Filme verwenden, wird es besonders schwierig, wirksam ein Vormagnetisierungs-Magnetfeld einer freien Schicht zuzuführen.

Weiterhin wurde in Bezug auf den Aufbau eines Spin-Wave-Films ein harter magnetischer Film vorgeschlagen, der bei einer Pinningschicht eingesetzt werden soll. Bei einem Spin-Wave-Film, der einen herkömmlichen harten magnetischen Film verwendet, tritt jedoch die Schwierigkeit auf, daß die Magnetisierungsrichtungen des harten magnetischen Films nicht zur Filmebene ausgerichtet sind, daß der Einfluß der ferromagnetischen Kopplung über eine unmagnetische Schicht groß wird. Wenn der Einfluß der ferromagnetischen Kopplung groß wird, führt dies zu negativen Einwirkungen auf das Magnetisierungsverhalten einer freien Schicht.

Weiterhin wird ein Spin-Wave-Film bezüglich seiner Verwendbarkeit beim Einsatz als Magnetowiderstandseffekt-speicher untersucht, beispielsweise als MRAM. Es sind Untersuchungen eines harten magnetischen Films in bezug auf dessen Einsatz als ferromagnetische Schicht erfolgt, in welcher Information eines derartigen Magnetowiderstandseffekt-speichers gespeichert wird. Ein herkömmlicher harter magnetischer Film führte jedoch zu einer Verschlechterung der Eigenschaften als Spin-Wave-Film.

Wie voranstehend geschildert ist bei einem MR-Element, welches einen Spin-Wave-Film verwendet ein Aufbau mit anstoßendem Übergang oder ein Überlagerungsaufbau, der einen harten magnetischen Vormagnetisierungsfilm verwendet, im wesentlichen wirksam bei der Unterdrückung des Barkhausen-Rauschens infolge von Domänenwänden einer freien Schicht. Durch Verringerung eines Spalts oder einer Spur eines MR-Kopfes wird es jedoch schwierig, wirksam ein Vormagnetisierungsmagnetfeld einer freien Schicht zuzuführen.

Insbesondere bei einem MR-Kopf, bei welchem ein Spin-Wave-Film mit umgekehrter Anordnung oder ein Spin-Wave-Film mit Doppelementaufbau verwendet wird, ist es bei einer herkömmlichen Vormagnetisierungsanordnung schwierig, wirksam ein Vormagnetisierungsmagnetfeld einzugeben, da sich die Position der freien Schicht von dem herkömmlichen Spin-Wave-Film unterscheidet.

Weiterhin ist bei einem herkömmlichen Spin-Wave-Film, bei welchem ein harter magnetischer Film als Bauteil verwendet wird, infolge der Tatsache, daß die Magnetisierungsrichtungen des harten magnetischen Films nicht zur Filmebene ausgerichtet werden, in der Hinsicht eine Schwierigkeit vorhanden, daß es schwer ist, Eigenschaften zu erhalten, die einen Einsatz in der Praxis als MR-Kopf oder als MRAM gestatten.

Ein Ziel der vorliegenden Erfindung, um wirksam ein Vormagnetisierungsmagnetfeld einem Magnetowiderstandseffektfilm unterschiedlicher Ausbildungen zuführen zu können, besteht daher in der Bereitstellung eines Magnetowiderstandseffektelements, welches es ermöglicht, wirksam das Auftreten von Barkhausen-Rauschen zu unterdrücken, wenn beispielsweise die Spurbreite eng gewählt wird. Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, durch Verringerung des Einflusses der ferromagnetischen Kopplung zwischen einer freien Schicht und einer Pinningschicht, die einen harten magnetischen Film verwendet, besteht in der Bereitstellung eines Magnetowiderstandseffektelementes, welches es ermöglicht, hervorragende Eigenschaften zu erzielen. Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, durch Verwendung eines Magnetowiderstandseffektelementes mit dem voranstehend geschilderten Aufbau, besteht darin, einen Magnetkopf und ein magnetisches Speichergerät zur Verfügung zu stellen, deren Eigenschaften verbessert sind, wobei auch angestrebt wird, eine hohe Aufzeichnungsdichte zu erzielen.

Ein erstes Magnetowiderstandselement gemäß der vorliegenden Erfindung weist einen Magnetowiderstandseffektfilm auf, der eine Pinningschicht aufweist, eine auf die Pinningschicht aufgestapelte unmagnetische Schicht, und eine auf die unmagnetische Schicht aufgestapelte freie Schicht, welche ihre Magnetisierungsrichtung beim Einfluß eines externen Magnetfeldes ändert, einen magnetischen Vormagnetisierungsfilm zur Bereitstellung eines Vormagnetisierungsfeldes für die freie Schicht, wobei der magnetische Vormagnetisierungsfilm als Stapelfilm aus einer harten magnetischen Schicht und einer magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung ausgebildet ist, und dann, wenn die Sättigungsmagnetisierung der magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung durch M_s^{high} bezeichnet wird, die Sättigungsmagnetisierung der freien Schicht mit M_s^{free} bezeichnet wird, und die Sättigungsmagnetisierung der harten magnetischen Schicht durch M_s^{hard} bezeichnet wird, die magnetische Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung zumindest eine der Beziehungen $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{free}}$ oder $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{hard}}$ erfüllt, und eine Elektrode vorgesehen ist, die einen Meßstrom dem Magnetowiderstandseffektfilm zuführt.

Ein zweites Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung weist einen Magnetowiderstandseffektfilm auf, der einen magnetischen Mehrschichtfilm aufweist, der mehrere magnetische Schichten und mehrere unmagnetische Schichten umfaßt, die hierbei zwischen den mehreren Magnetschichten angeordnet sind, wobei zumindest eine Schicht unter den mehreren magnetischen Schichten eine freie Schicht ist, deren Magnetisierungsrichtung sich entsprechend einem externen Magnetfeld ändert, zumindest eine Schicht eine Pinningschicht ist, ein magnetischer Vormagnetisierungsfilm zur Bereitstellung eines Vormagnetisierungsmagnetfeldes für die freie Schicht vorgesehen ist, wobei der magnetische Vormagnetisierungsfilm als Stapelfilm aus einer harten magnetischen Schicht und einer magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung ausgebildet ist, und dann, wenn die Sättigungsmagnetisierung der magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung durch M_s^{high} bezeichnet wird, die Sättigungsmagnetisierung der freien Schicht durch M_s^{free} , die Sättigungsmagnetisierung der harten magnetischen Schicht durch M_s^{hard} , die magnetische Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung zumindest eine der folgenden Beziehungen erfüllt: $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{free}}$ oder $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{hard}}$, und eine Elektrode vorgesehen ist, welche einen Meßstrom dem Magnetowiderstandseffektfilm zuführt.

Bei dem zweiten Magnetowiderstandseffektelement läßt sich als spezifischer Aufbau eines Magnetowiderstandseffektfilms ein Aufbau einsetzen, bei welchem eine erste Pinningschicht vorgesehen ist, die freie Schicht über eine erste unmagnetische Schicht auf der ersten Pinningschicht angeordnet ist, und eine zweite Pinningschicht über die zweite unmagnetische Schicht auf der freien Schicht angeordnet ist, oder eine Anordnung, die eine erste freie Schicht aufweist, wobei die Pinningschicht über eine erste unmagnetische Schicht auf der ersten freien Schicht angeordnet ist, und eine zweite freie Schicht über eine zweite unmagnetische Schicht auf der Pinningschicht angeordnet ist.

Ein drittes Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung weist einen Magnetowiderstandseffektfilm auf, der eine magnetische Schicht aufweist, die einen anisotropen Magnetowiderstandseffekt zeigt, und eine weichmagnetische Schicht, die stapelförmig über eine unmagnetische Schicht auf der magnetischen Schicht angeordnet ist, und eine Arbeitspunktmagnetisierung der magnetischen Schicht zur Verfügung stellt, einen magnetischen Vormagnetisierungsfilm zur Bereitstellung eines Vormagnetisierungsmagnetfeldes für die magnetische Schicht, der einen anisotropen Magnetowiderstandseffekt zeigt, oder die weichmagnetische Schicht, wobei der magnetische Vormagnetisierungsfilm als Stapelfilm aus einer harten Magnetschicht und einer Magnetschicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung ausgebildet ist, und dann, wenn die Sättigungsmagnetisierung der magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung durch M_s^{high} bezeichnet wird, die Sättigungsmagnetisierung der magnetischen Schicht, die den anisotropen Magnetowiderstandseffekt zeigt, durch M_s^{AMR} bezeichnet wird, und die Sättigungsmagnetisierung der harten magnetischen Schicht durch M_s^{hard} bezeichnet wird, die magnetische Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung zumindest eine der folgenden Beziehungen erfüllt: $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{AMR}}$ oder $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{hard}}$, wobei eine Elektrode vorgesehen ist, die dem Magnetowiderstandseffektfilm einen Meßstrom zuführt.

Ein viertes Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung weist einen Magnetowiderstandseffektfilm auf, der eine freie Schicht aufweist, deren Magnetisierungsrichtung sich in Abhängigkeit von einem externen Magnetfeld ändert, sowie eine Pinningschicht, die stapelförmig über eine nichtmagnetische Schicht auf der freien Schicht angeordnet ist, wobei die Pinningschicht als gestapelter Film aus einer harten magnetischen Schicht und einer nicht-harten magnetischen Schicht ausgebildet ist, und die nicht-harte magnetische Schicht zumindest an der Seite angeordnet ist, welche die nichtmagnetische Schicht nicht berührt, und es ist eine Elektrode vorgesehen, die einen Meßstrom dem Magnetowiderstandseffektfilm zuführt. Als harte magnetische Schicht, bzw. nicht-harte magnetische Schicht sind

im vorliegenden Fall ein hartes magnetisches Material, welches Co enthält, und eine FeCo-Legierung besonders wirksam.

Ein Magnetkopf gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine untere magnetische Abschirmung auf, wobei das voranstehend geschilderte Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung über einen unteren Lesemagnetspalt auf der unteren magnetischen Abschirmung vorgesehen ist, und eine obere magnetische Abschirmung über einen oberen Lesemagnetspalt auf dem Magnetowiderstandseffektelement vorgesehen ist.

Ein Magnetkopf gemäß der vorliegenden Erfindung mit getrenntem Aufzeichnen und Lesen weist einen Lesekopf auf, der eine untere magnetische Abschirmung aufweist, wobei das voranstehend geschilderte Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung über einen unteren Lesemagnetspalt auf der unteren magnetischen Abschirmung vorgesehen ist, eine obere magnetische Abschirmung, die über einen oberen Lesemagnetspalt auf dem Magnetowiderstandseffektelement vorgesehen ist, und einen Aufzeichnungskopf, der einen unteren Magnetpol aufweist, der vereinigt mit der oberen magnetischen Abschirmung ausgebildet ist, einen Aufzeichnungsmagnetspalt, der auf dem unteren Magnetpol vorgesehen ist, und einen oberen Magnetpol, der auf dem Aufzeichnungsmagnetspalt angeordnet ist.

Eine magnetische Aufzeichnungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist ein magnetisches Aufzeichnungsmedium und ein Kopfgleitstück auf, welches mit einem voranstehend beschriebenen Magnetkopf mit getrennter Aufzeichnung und getrenntem Lesen gemäß der vorliegenden Erfindung versehen ist, der ein Signal in das magnetische Aufzeichnungsmedium durch ein Magnetfeld einschreibt, und ein Signal durch ein Magnetfeld ausliest, das von dem magnetischen Aufzeichnungsmedium erzeugt wird.

Wenn ein Magnetowiderstandseffektkopf eine enge Spurbreite aufweist, um eine höhere Aufzeichnungsdichte zur Verfügung zu stellen, wird das Pinning am Randabschnitt einer freien Schicht wesentlich. Die voranstehend geschilderte Erhöhung der Filmdicke eines harten magnetischen Vormagnetisierungsfilms kann jedoch die Vormagnetisierungskraft nicht wirksam erhöhen, sondern führt statt dessen zu einer Verringerung der Empfindlichkeit.

Als Ergebnis der Untersuchungen des vorliegenden Erfinders von Eigenschaften oder Strukturen des harten magnetischen Vormagnetisierungsfilms hat es sich nunmehr als wesentlich herausgestellt, daß zur Unterdrückung der Ausbildung magnetischer Domänen am Rand einer freien Schicht die Magnetflußdichte statt des magnetischen Volumens eines harten magnetischen Vormagnetisierungsfilms erhöht werden muß. Durch Verwendung eines magnetischen Vormagnetisierungsfilms mit hoher Sättigungsmagnetisierung, verglichen mit einer freien Schicht, wurde es ermöglicht, die Ausbildung magnetischer Domänen am Rand der freien Schicht zu unterdrücken.

Wenn ein kobalthaltiges ferromagnetisches Material, beispielsweise eine CoFe-Legierung in einer freien Schicht verwendet wird, ist die Sättigungsmagnetisierung der freien Schicht selbst groß, und daher kann eine harte magnetische Schicht allein nicht die Ausbildung magnetischer Domänen am Rand der freien Schicht unterdrücken. Die Sättigungsmagnetisierung einer CoFe-Legierung beträgt beispielsweise 1500 emu/cm^3 . In einer Legierung auf der Grundlage von CoCrPt, die allgemein als harter magnetischer Vormagnetisierungsfilm verwendet wird, beträgt deren Sättigungsmagnetisierung höchstens 500 emu/cm^3 oder ähnlich, obwohl dies von der Konzentration an Cr abhängt, wenn Cr mit etwa 10 at% zugeführt wird. Bei einem CoPt-System stellen etwa 800 emu/cm^3 die Grenze dar.

Wie in Fig. 1B gezeigt kann, da eine ausreichende Magnetflußdichte bei einem herkömmlichen harten magnetischen Vormagnetisierungsfilm B' nicht erhalten werden kann, ein Vormagnetisierungsmagnetfeld nicht wirksam, dem Rand einer freien Schicht zugeführt werden, die eine besonders große Sättigungsmagnetisierung aufweist. In einem Magnetowiderstandseffektkopf mit engen Spuren wird daher die Unterdrückung des Barkhausen-Rauschens schwierig.

Daher wird gemäß der vorliegenden Erfindung, wie in Fig. 1A gezeigt, ein stapelförmiger Film aus einer harten magnetischen Schicht H und einer magnetischen Schicht S mit hoher Sättigungsmagnetisierung in einem magnetischen Vormagnetisierungsfilm B verwendet. Bei dem ersten, zweiten und dritten Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung wird daher ein Stapelfilm aus einer magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung und einer harten magnetischen Schicht als magnetischer Vormagnetisierungsfilm verwendet, wobei die Sättigungsmagnetisierung zumindest eine Bedingung für die Sättigungsmagnetisierung erfüllt: ($M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{free}}$ oder M_s^{AMR}) ist größer als M_s^{free} (oder M_s^{AMR}) einer freien Schicht (oder einer magnetischen Schicht, die einen anisotropen Magnetowiderstandseffekt aufweist), oder es ist die Sättigungsmagnetisierung ($M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{hard}}$ oder M_s^{AMR}) größer als die Sättigungsmagnetisierung M_s^{hard} der harten magnetischen Schicht.

Wenn eine magnetische Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung die Bedingung $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{free}}$ erfüllt, wie dies beispielsweise in Fig. 1A gezeigt ist, wie eine freie Schicht, in welcher ein kobalthaltiges ferromagnetisches Material verwendet wird, auch in bezug auf eine freie Schicht F, die eine hohe Sättigungsmagnetisierung aufweist, kann ein magnetostatisches Vormagnetisierungsfeld mit hoher Magnetflußdichte stabil und wirksam eingegeben werden. Obwohl die Sättigungsmagnetisierung eines harten magnetischen Materials selbst schwer zu erhöhen ist, läßt sich durch Stapelanordnung einer magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung, die die Bedingung $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{hard}}$ erfüllt, mit einer harten magnetischen Schicht, die Sättigungsmagnetisierung eines magnetischen Vormagnetisierungsfilms insgesamt erhöht werden. In diesem Fall kann auch in eine freie Schicht, die eine hohe Sättigungsmagnetisierung aufweist, ein magnetostatisches Vormagnetisierungsfeld mit hoher Magnetflußdichte stabil und wirksam eingegeben werden. Daher kann das Auftreten von Barkhausen-Rauschen infolge der Ausbildung magnetischer Domänen am Rand einer freien Schicht unterdrückt werden.

Durch Verwendung eines stapelförmigen Films aus einem Magnetfilm mit hoher Sättigungsmagnetisierung und einer harten magnetischen Schicht bei einem magnetischen Vormagnetisierungsfilm wird es darüber hinaus ermöglicht, daß die Position einer magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung kontrolliert werden kann. Hierdurch kann ein magnetostatisches Vormagnetisierungsfeld mit hoher Magnetflußdichte wirksam in eine freie Schicht eingegeben werden. Daher kann das Auftreten von Barkhausen-Rauschen eines Spin-Wave-Films mit umgekehrter Anordnung, eines Doppелеlementtyp-Spin-Wave-Films, und eines einen Anisotropen Magnetowiderstandseffekt zeigenden Films in Stapelanordnung mit einem SAL-Vormagnetisierungsfilm wirksam unterdrückt werden.

Bei einem vierten Magnetowiderstandseffektelement der vorliegenden Erfindung wird als Pinningschicht ein Stapelfilm zwischen einer harten magnetischen Schicht und einer Schicht aus einer FeCo-Legierung verwendet. Durch Aufsta-

pein einer harten magnetischen Schicht auf eine nicht-harte magnetische Ausgangsschicht, beispielsweise eine Schicht aus einer FeCo-Legierung, kann die Orientierung der c-Achse der Kobaltbasislegierung in der Ebene gefordert werden, was zu einem hohen Quadratverhältnis ($=M_r/M_s$) führt. Durch Anordnung einer nicht-harten magnetischen Schicht, beispielsweise einer Schicht aus einer FeCo-Legierung, auf der Seite einer nichtmagnetischen Schicht kann darüber hinaus die Vertikalkomponente der harten Magnetschicht abgeschirmt werden, was zu einer großen Komponente innerhalb der Ebene führt. Der Einfluß der ferromagnetischen Kopplung zwischen einer oberen ferromagnetischen Schicht und einer unteren ferromagnetischen Schicht über eine unmagnetische Schicht kann daher verringert werden, was zu hervorragenden Leistungen führt.

Darüber hinaus kann ein Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung in einem Magnetspeichergerät, beispielsweise einem MRAM, verwendet werden. Ein Magnetspeichergerät weist beispielsweise ein voranstehend geschildertes Magnetowiderstandselement gemäß der vorliegenden Erfindung auf, eine Schreibeilektrode zum Speichern von Information in dem Magnetowiderstandseffektfilm, und eine Leselektrode, die aus einer Elektrode des Magnetowiderstandseffektelements besteht, und Information wiedergibt, die in dem Magnetowiderstandseffektfilm gespeichert ist.

Die Erfindung wird nachstehend an zeichnerisch dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert, aus welchen weitere Vorteile und Merkmale hervorgehen. Es zeigt:

Fig. 1a schematisch den Eingangszustand eines Vormagnetisierungsmagnetfeldes in einem Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 1B schematisch den Eingangszustand eines Vormagnetisierungsmagnetfeldes in einem herkömmlichen Magnetowiderstandseffektelement;

Fig. 2 eine Schnittansicht des Aufbaus einer ersten Ausführungsform eines Magnetkopfes mit getrennter Aufzeichnung und Lesen, bei welcher das erste Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung bei einem Leselementabschnitt eingesetzt wird;

Fig. 3 eine Schnittansicht in Explosionsdarstellung eines wesentlichen Teils eines Magnetowiderstandseffektkopfes in einem Magnetkopf mit getrennter Aufzeichnung und Lesen gemäß Fig. 2;

Fig. 4 eine Schnittansicht in Explosionsdarstellung eines Magnetowiderstandseffektfilmteils eines in Fig. 2 dargestellten Magnetowiderstandseffektkopfes;

Fig. 5A–5C schematische Darstellungen von Magnetisierungszuständen bei der Magnetisierungsrotation freier Schichten, wenn sowohl eine magnetische Unterschicht als auch eine harte magnetische Schicht eine hohe Sättigungsmagnetisierung aufweisen;

Fig. 6A–6C schematische Darstellungen der Magnetisierungszustände, die bei der Magnetisierungsrotation freier Schichten auftreten, wenn sowohl eine magnetische Unterschicht als auch eine harte magnetische Schicht eine niedrige Sättigungsmagnetisierung aufweisen;

Fig. 7 eine Schnittansicht in Explosionsdarstellung eines Teils eines Magnetowiderstandseffektfilms einer Kopfanordnung, bei welcher ein drittes Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung in einem in Fig. 1A und 1B Magnetowiderstandseffektkopf eingesetzt wird;

Fig. 8 die Darstellung der Beziehung zwischen der Sättigungsmagnetisierung M_s^{high} einer Magnetschicht mit hohem M_s und dem Auftreten des Barhausen-Rauschens;

Fig. 9 eine Darstellung der Co-Konzentration bei dem von einer FeCo-Legierung abhängigen Quadratverhältnis ($=M_r/M_s$) S^{total} eines Stapelfilms aus einem FeCo-Legierungsfilm und einem CoPt-Film;

Fig. 10 eine Darstellung der Beziehung zwischen der Filmdicke von FeCo-Legierungsfilmen und dem Quadratverhältnis ($=M_r/M_s$) S^{total} von Stapelfilmen zwischen einem FeCo-Legierungsfilm und einem CoPt-Film;

Fig. 11 eine Darstellung der Beziehung der Filmdicke von CoPt-Legierungsfilmen und der Koerzitivkraft H_c^{total} von Stapelfilmen zwischen einem FeCo-Legierungsfilm und einem CoPt-Film;

Fig. 12 eine Darstellung der Beziehung von Filmdicken von CoPt-Legierungsfilmen und der remanenten Magnetisierung M_r^{total} gestapelter Filme zwischen einem FeCo-Legierungsfilm und einem CoPt-Film;

Fig. 13 eine Darstellung der Beziehung der Filmdicke von CoPt-Legierungsfilmen und dem Quadratverhältnis ($=M_r/M_s$) S^{total} gestapelter Filme zwischen einem FeCo-Legierungsfilm und einem CoPt-Film;

Fig. 14 eine Darstellung der Beziehung zwischen der Filmdicke von CoPt-Legierungsfilmen und $M_{rt}^{\text{(total)}}$;

Fig. 15 eine Schnittansicht in Explosionsdarstellung eines wesentlichen Teils des Beispiels für eine erste Abänderung eines Magnetowiderstandseffektkopfes, der in Fig. 1A und Fig. 1B gezeigt ist;

Fig. 16 eine Schnittansicht in Explosionsdarstellung eines wesentlichen Teils eines Beispiels für eine zweite Abänderung eines in Fig. 1A und 1B gezeigten Magnetowiderstandseffektkopfes;

Fig. 17 eine Schnittansicht in Explosionsdarstellung eines wesentlichen Teils eines Beispiels für eine dritte Abänderung eines in Fig. 1A und 1B gezeigten Magnetowiderstandseffektkopfes;

Fig. 18 eine Schnittansicht des Beispiels für eine Abänderung eines in Fig. 17 dargestellten Magnetowiderstandseffektkopfes;

Fig. 19 eine Schnittansicht des Aufbaus eines wesentlichen Abschnitts einer ersten Ausführungsform eines Magnetkopfes mit getrennter Aufzeichnung und getrenntem Lesen, bei welchem ein zweites Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung in einem Leselementabschnitt verwendet wird;

Fig. 20 eine Schnittansicht in Explosionsdarstellung eines Magnetowiderstandseffektfilmabschnitts eines in Fig. 19 dargestellten Magnetowiderstandseffektkopfes;

Fig. 21 eine Schnittansicht eines wesentlichen Abschnitts des Beispiels für eine erste Abänderung des in Fig. 19 gezeigten Magnetowiderstandseffektkopfes;

Fig. 22 eine Schnittansicht eines wesentlichen Abschnitts eines Beispiels für eine zweite Abänderung des in Fig. 19 dargestellten Magnetowiderstandseffektkopfes;

Fig. 23 eine Schnittansicht des Beispiels für eine Abänderung des in Fig. 22 dargestellten Magnetowiderstandseffektkopfes;

Fig. 24 eine Schnittansicht des Aufbaus eines wesentlichen Abschnitts einer zweiten Ausführungsform eines Magnetkopfes mit getrennter Aufzeichnung und getrenntem Lesen, bei welchem ein zweites Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung in einem Leselementabschnitt eingesetzt wird;

Fig. 25 eine Schnittansicht in Explosionsdarstellung eines Magnetowiderstandseffektfilmabschnitts des in Fig. 24 gezeigten Magnetowiderstandseffektkopfes;

Fig. 26 eine Schnittansicht des Aufbaus einer zweiten Ausführungsform eines Magnetkopfes mit getrennter Aufzeichnung und getrenntem Lesen, bei welchem ein erstes Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung in einem Leselementabschnitt verwendet wird;

Fig. 27 eine Schnittansicht in Explosionsdarstellung eines wesentlichen Abschnitts eines Magnetowiderstandseffektkopfes in einem in Fig. 26 gezeigten Magnetkopf mit getrennter Aufzeichnung und getrenntem Lesen;

Fig. 28 eine Schnittansicht des Aufbaus eines Beispiels für eine erste Abänderung des in Fig. 26 gezeigten Magnetkopfes mit getrennter Aufzeichnung und getrenntem Lesen;

Fig. 29 eine Schnittansicht eines wesentlichen Abschnitts des Beispiels für eine zweite Abänderung des in Fig. 26 gezeigten Magnetowiderstandseffektkopfes;

Fig. 30 eine Schnittansicht eines wesentlichen Abschnitts eines Beispiels für eine dritte Abänderung des in Fig. 26 gezeigten Magnetowiderstandseffektkopfes;

Fig. 31 eine Schnittansicht des Aufbaus eines wesentlichen Abschnitts einer ersten Ausführungsform eines vierten Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 32 eine Schnittansicht des Aufbaus eines wesentlichen Abschnitts des Beispiels für eine erste Abänderung des in Fig. 31 gezeigten Magnetowiderstandseffektelements;

Fig. 33 eine Schnittansicht des Aufbaus eines wesentlichen Abschnitts des Beispiels für eine zweite Abänderung des in Fig. 31 gezeigten Magnetowiderstandseffektelements;

Fig. 34 eine Schnittansicht des Aufbaus eines wesentlichen Aufbaus einer zweiten Ausführungsform eines vierten Magnetowiderstandseffektelements gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 35 eine Schnittansicht des Aufbaus eines wesentlichen Abschnitts eines Beispiels für eine erste Abänderung des in Fig. 34 gezeigten Magnetowiderstandseffektelements;

Fig. 36 eine Schnittansicht des Aufbaus eines wesentlichen Abschnitts einer dritten Ausführungsform eines vierten Magnetowiderstandseffektelements gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 37 eine Schnittansicht eines wesentlichen Abschnitts mit einem Beispiel für eine Anordnung, bei welcher ein viertes Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung bei einem Magnetowiderstandseffektkopf eingesetzt wird;

Fig. 38 eine Schnittansicht eines wesentlichen Abschnitts eines weiteren Beispiels für einen Aufbau, bei welchem ein viertes Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung bei einem Magnetowiderstandseffektkopf eingesetzt wird;

Fig. 39 eine Perspektivansicht eines Baubeispiels für eine Magnetdisketteneinheit oder Magnetplatteneinheit, die einen Magnetkopf gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet;

Fig. 40 eine Schnittansicht des Aufbaus einer Ausführungsform, bei welcher ein Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung bei einem MRAM eingesetzt wird;

Fig. 41A–41C schematische Darstellungen zur Erläuterung von Regenerierungszuständen eines in Fig. 40 dargestellten MRAM;

Fig. 42 eine Schnittansicht des Aufbaus einer weiteren Ausführungsform, bei welcher ein Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung bei einem MRAM eingesetzt wird;

Fig. 43 eine Schnittansicht in Explosionsdarstellung eines wesentlichen Abschnitts eines in Fig. 42 gezeigten MRAM;

Fig. 44 eine Schnittansicht eines Beispiels für einen Magnetowiderstandseffektkopf mit herkömmlicher Anordnung mit anstoßendem Übergang; und

Fig. 45 eine Schnittansicht eines Beispiels für ein Magnetowiderstandseffektelement mit herkömmlichem Überlagerungsaufbau.

Nachstehend werden Ausführungsformen zur Verwirklichung der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben.

Zunächst wird eine erste Ausführungsform eines Magnetkopfes mit getrennter Aufzeichnung und Lesen beschrieben, bei welchem ein Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung in einem Leselementabschnitt eingesetzt wird. Die Fig. 2, 3 und 4 zeigen schematisch Aufbauten von Ausführungsformen von Magnetköpfen mit getrennter Aufzeichnung und Lesen, bei welchen ein erstes Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung in Leselementabschnitten eingesetzt wird. Fig. 2 ist eine Schnittansicht eines Magnetkopfes mit getrennter Aufzeichnung und Lesen, gesehen aus der Richtung einer Luftlageroberfläche aus. In Fig. 2 ist die x-Richtung die Spurbreitenrichtung, die y-Richtung eine Aufzeichnungsspurverlaufsrichtung entsprechend einer Filmdickenrichtung. Fig. 3 ist eine Schnittansicht, die in Explosionsdarstellung einen wesentlichen Abschnitt von Fig. 2 zeigt (den in Fig. 2 von einer gepunkteten Linie umgebenen Bereich), und Fig. 4 ist eine Darstellung in Explosionsdarstellung eines Magnetowiderstandseffektfilmabschnitts.

In diesen Figuren bezeichnet das Bezugszeichen 11 ein Substrat. Als Substrat 11 kann ein $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiC}$ Substrat mit einer Al_2O_3 -Schicht verwendet werden. Auf einer Hauptoberfläche des Substrats 11 ist eine untere Magnetabschirmschicht 12 vorgesehen, die aus einem weichmagnetischen Material besteht, beispielsweise einer NiFe-Legierung, FeSiAl-Legierung, einer amorphen CoZrNb-Legierung und dergleichen. Auf der unteren Magnetabschirmschicht 12 ist ein Magnetowiderstandseffektfilm (Mr-Film) 14 über einen unteren Lesemagnetspalt 13 vorgesehen, der aus einem unmagnetischen Isoliermaterial wie beispielsweise AlO_x besteht. Ein Mr-Film weist, wie in Fig. 4 gezeigt, einen magnetischen Mehrlagenfilm auf, der durch Aufeinanderstapeln zumindest einer antiferromagnetischen Schicht 15, einer Pinningschicht 16, einer unmagnetischen Schicht 17 und einer freien Schicht 18 gebildet wird, deren Magnetisierungsrichtung sich entsprechend einem externen Magnetfeld ändert, und ist ein Spin-Wave-Film, der einen Riesen-Magnetowider-

standseffekt zeigt (Spin-Wave-GMR-Film). Eine Pinningschicht 16 ist an der Unterseite (der Seite des Substrats 11) vorgesehen, und eine freie Schicht 18 an der Oberseite. Daher stellt der MR-Film 14 einen Spin-Wave-GMR-Film 14 mit umgekehrter Anordnung dar. Eine freie Schicht 18 weist eine ferromagnetische Schicht 181 auf, die Kobalt enthält, beispielsweise eine CoFe-Legierungsschicht, oder eine CoFeB-Legierungsschicht, wobei die kobalthaltige ferromagnetische Schicht 181 so angeordnet ist, daß sie an eine unmagnetische Schicht 17 anstößt.

Auf einer kobalthaltigen ferromagnetischen Schicht 181 ist stapelartig zur Erhöhung der weichmagnetischen Eigenschaften als freie Schicht 18 eine weichmagnetische Unterstützungsschicht angeordnet. Als weichmagnetische Unterstützungsschicht kann ein amorphes weichmagnetisches Material verwendet werden, beispielsweise eine CoZrNb-Legierung, oder ein kristallines weichmagnetisches Material, etwa eine NiFe-Legierung. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist auf der kobalthaltigen ferromagnetischen Schicht 181 eine NiFe-Legierungsschicht 182 als weichmagnetische Unterstützungsschicht angeordnet.

Eine Pinningschicht 16 ist auf einer antiferromagnetischen Schicht 15 angeordnet, die aus einer IrMn-Legierung oder einem anderen Mn-haltigen Material besteht, beispielsweise einer NiMn-, PtMn- oder PtRhMn-Legierung. Eine Pinningschicht 16 ist so vorgesehen, daß bei einer Vormagnetisierung in Querrichtung über die Austauschkopplung mit einer antiferromagnetischen Schicht 15 ein Pinning-Effekt auftritt.

Die Pinningschicht 16 besteht aus einem kobalthaltigen ferromagnetischen Material, beispielsweise einer CoFe-Legierung, ebenso wie zum Beispiel bei der freien Schicht 18. Zwischen der Pinningschicht 16 und der antiferromagnetischen Schicht 15 kann eine NiFe-Legierungsschicht und dergleichen eingefügt werden.

Wenn hierbei eine Diffusionsspererschicht, die Sauerstoff oder Stickstoff enthält, zwischen der NiFe-Legierungsschicht und der Pinningschicht 16 angeordnet wird, lassen sich eine hohe Änderungsrate des Widerstands und eine hervorragende Wärmebeständigkeit erreichen.

Auf der Pinningschicht 16 ist über eine unmagnetische Schicht 17, die aus einem Material wie Cu, Au, Ag und Legierungen zwischen diesen Stoffen besteht, eine freie Schicht 18 angeordnet. Weiterhin bezeichnen in dieser Figur die Bezugszeichen 19, 20 und 21 einen Schutzfilm, der aus einem Material wie Ta oder Ti besteht, eine unmagnetische Unterschicht, die aus Ta oder Ti und dergleichen besteht, bzw. eine Unterschicht, die einen fcc-Aufbau aufweist, und aus Cu oder einer NiFe-Magnetlegierung besteht. Diese Schichten werden je nach Erfordernis vorgesehen.

Als spezifischer Aufbau für einen Spin-Wave-GMR-Film 14 mit umgekehrter Anordnung läßt sich ein Aufbau angeben, bei welchem hintereinander von der Substratseite gestapelt vorgesehen sind: Ta (5 nm) 20, IrMn (10 nm) 15, CoFe (2 nm) 16, Cu (3 nm) 17, CoFe (3 nm) 181, NeFe (5 nm) 182, Ta (5 nm) 19.

Ein Spin-Wave-GMR-Film 14, bei welchem ein kobalthaltiges ferromagnetisches Material wie beispielsweise eine CoFe-Legierung in einer Pinningschicht 16 und einem Teil einer freien Schicht 181 verwendet wird, weist zusätzlich dazu, daß er eine hohe Mr-Änderungsrate aufweist, Wärmebeständigkeit und Langzeitstabilität während eines Kopferstellungsvorgangs auf. Als kobalthaltiges ferromagnetisches Material können Kobalt oder eine Kobaltlegierung, in welcher Fe, Ni dem anderen Bestandteil hinzugefügt ist (eine Kobaltbasismagnetlegierung) angegeben werden, wobei eine Kobaltlegierung besonders bevorzugt ist.

Als Bestandteil, der der Co-Legierung hinzugefügt werden kann, abgesehen von den voranstehend geschilderten Substanzen Fe oder Ni, läßt sich 1 oder mehr als 2 der folgenden Elemente angeben: Pd, Au, Ag, Cu, Pt, Ir, Rh, Ru, Os, Hf, B, Al und Si. Die Menge dieser zusätzlichen Elemente liegt vorzugsweise im Bereich von 5–50 at%. Als Kobaltlegierung ist die Verwendung einer CoFe-Legierung, die Fe insbesondere im Bereich von 5–40 at% enthält, vom Gesichtspunkt der MR-Änderungsrate oder der Austauschkopplungskraft in bezug auf eine antiferromagnetische Schicht 15 vorzuziehen.

Zusätzlich läßt sich für die Pinningschicht 16 und die freie Schicht 18 beispielsweise eine NiFe-Legierung wie etwa $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ (at%) verwenden.

Ein Spin-Wave-GMR-Film 14 mit umgekehrtem Aufbau, bei welchem die Länge in x-Richtung zu einer gewünschten Spurbreite werden soll, weist eine solche Form auf, daß die Außenseiten beider Randabschnitte außerhalb der Aufzeichnungsspur durch Ätzen entfernt sind. Außerhalb der Randabschnitte eines derartigen Spin-Wave-GMR-Films 14 sind hartmagnetische Vormagnetisierungsfilme 22 für die Längsvormagnetisierung des Spin-Wave-GMR-Films 14 angeordnet. Ein Paar der hartmagnetischen Vormagnetisierungsfilme 22 bildet einen anstoßenden Übergang mit den Randabschnitten des Spin-Wave-GMR-Films 14.

Ein hartmagnetischer Vormagnetisierungsfilm 22 weist, wie in Fig. 3 gezeigt, einen Laminatfilm auf, bei welchem eine hartmagnetische Schicht 23 auf Kobaltbasis und eine magnetische Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung (eine magnetische Schicht mit hohem Ms) 24 aufeinander gestapelt vorgesehen sind. Eine hartmagnetische Schicht 23 auf Kobaltbasis besteht aus einem kobalthaltigen harten magnetischen Material, beispielsweise einer CoPt-Legierung oder einer CoCrPt-Legierung. Als spezifischer Aufbau für einen gestapelten Film läßt sich, wie in Fig. 3 gezeigt, eine Anordnung angeben, bei welcher eine harte magnetische Schicht 23 auf Kobaltbasis auf eine magnetische Schicht 24 mit hohem Ms aufgestapelt ist. Bei diesem Aufbau wirkt die magnetische Schicht 24 mit hohem Ms als magnetische Unterschicht der harten magnetischen Schicht 23 auf Kobaltbasis. Die harte magnetische Schicht 23 auf Kobaltbasis stößt an den Randabschnitt des Spin-Wave-GMR-Films 14 durch die magnetische Schicht 24 mit hohem Ms als magnetische Unterschicht an.

Weiterhin weist der in Fig. 3 gezeigte Spin-Wave-GMR-Film 14 einen Filmaufbau auf, bei welchem die freie Schicht 18 weggelassen ist.

Eine magnetische Schicht 24 mit hohem Ms erfüllt, wenn ihre Sättigungsmagnetisierung M_s^{high} beträgt, die Sättigungsmagnetisierung der freien Schicht 18 M_s^{free} ist, die Sättigungsmagnetisierung der harten magnetischen Schicht 23 auf Kobaltbasis durch M_s^{hard} bezeichnet ist, zumindest eine der folgenden Bedingungen: $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{free}}$ oder $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{hard}}$. Es ist besonders vorzuziehen, beide Bedingungen gleichzeitig zu erfüllen. Zusätzlich ist mit der Sättigungsmagnetisierung M_s^{free} der freien Schicht 18, wenn die freie Schicht 18 einen Stapelaufbau aufweist, deren Mittelwert bezeichnet.

Bei der vorliegenden Ausführungsform berührt, obwohl eine freie Schicht 18 auf der Seite der oberen Schicht eines Spin-Wave-GMR-Films 18 angeordnet ist, der Randabschnitt der freien Schicht 18 eine magnetische Schicht 24 mit ho-

hem Ms. In eine freie Schicht 18 wird eine Austauschvormagnetisierung, welche die Austauschkopplung mit der magnetischen Schicht 24 mit hohem Ms begleitet, eingegeben, und darüber hinaus wird ein magnetostatisches Vormagnetisierungsfeld hauptsächlich auf der Grundlage der magnetischen Schicht 24 mit hohem Ms eingegeben. Hierdurch wird ein Vormagnetisierungs-Magnetfeld in die freie Schicht 18 eingegeben.

5 Auf einem Paar harter magnetischer Vormagnetisierungsfilme 22 ist ein Paar von Elektroden 25 vorgesehen, die aus Cu, Au, Zr, Ta und dergleichen bestehen. Auf dem Spin-Wave-GMR-Film 14 wird ein Meßstrom von einem Elektrodenpaar 25 geliefert. Der Spin-Wave-GMR-Film 14, ein Paar der harten magnetischen Vormagnetisierungsfilme 22 und ein Paar von Elektroden 25 bilden einen GMR-Leselementabschnitt 26. Der GMR-Leselementabschnitt 26 weist den voran-

10 stehend geschilderten Aufbau mit anstoßendem Übergang auf. Auf dem GMR-Leselement 26 ist ein oberer Lesemagnetspalt 27 vorgesehen, der aus einem unmagnetischen Isoliermaterial besteht, welches das gleiche ist wie bei einem unteren Lesemagnetspalt 13. Weiterhin ist auf dem oberen Lesemagnetspalt 27 eine obere Magnetabschirmschicht 28 vorgesehen, die aus einem weichmagnetischen Material besteht, welches das gleiche ist wie jenes einer unteren Magnetabschirmschicht 12. Durch diese Einzelteile wird ein abgeschirm-

15 ter GMR-Kopf 29 als Lesekopf ausgebildet. Als Aufzeichnungskopf wird ein Dünnsfilm-Magnetkopf 30 auf einem abgeschirmten GMR-Kopf 29 vorgesehen. Ein Aufzeichnungsmagnetpol an der Unterseite eines Dünnsfilm-Magnetkopfes 30 besteht aus einer magnetischen Schicht, die gemeinsam mit der oberen Magnetabschirmschicht 28 genutzt wird. Die obere Magnetabschirmschicht 28 des abgeschirmten MR-Kopfes 29 wird gemeinsam mit dem unteren Magnetpol des Dünnsfilm-Magnetkopfes 30 genutzt. Auf dem Aufzeichnungsmagnetpol 28 an der Unterseite, der gemeinsam mit der oberen Magnetabschirmschicht genutzt wird, werden hintereinander ein Aufzeichnungsmagnetspalt 31, der aus einem unmagnetischen Isoliermaterial wie beispielsweise AlO_x besteht, und ein Aufzeichnungsmagnetpol 32 an der Oberseite hergestellt. Hinter einer Luftlagerober-

20 fläche wird eine Aufzeichnungsspule (in der Figur nicht dargestellt) zum Liefern eines Aufzeichnungsmagnetfeldes an den Aufzeichnungsmagnetpol 28 an der Unterseite und den Aufzeichnungsmagnetpol 32 an der Oberseite ausgebildet. Wenn bei dem voranstehend geschilderten abgeschirmten GMR-Kopf 29 eine magnetische Schicht 24 mit hohem Ms eine Sättigungsmagnetisierung $M_s^{\text{high}} (\geq M_s^{\text{free}})$ aufweist, die größer oder gleich der Sättigungsmagnetisierung M_s^{free} der freien Schicht 18 ist, wird zusätzlich zu einer Austauschvormagnetisierung, welche bei der Austauschkopplung zwischen der freien Schicht 18 und der magnetischen Schicht 24 mit Ms auftritt, ein magnetostatisches Vormagnetisierungsfeld mit hoher Magnetflußdichte dem Randabschnitt der freien Schicht 18 zugeführt. Selbst in einem Fall, in welchem die freie Schicht 18 eine kobalthaltige ferromagnetische Schicht 181 aufweist, die eine hohe Sättigungsmagnetisierung hat, kann daher das Vormagnetisierungs-Magnetfeld wirksam und stabil zugeführt werden. Daher kann das Auftreten von Barkhausen-Rauschen, welches bei der Ausbildung magnetischer Domänen am Randabschnitt der freien Schicht 18 auftritt, wirksam unterdrückt werden.

25 Weiterhin kann, obwohl ein hartes magnetisches Material nicht an sich eine hohe Sättigungsmagnetisierung erreicht, durch Ausbildung einer harten magnetischen Schicht 23 auf einer magnetischen Schicht 24 mit hohem Ms die Sättigungsmagnetisierung M_s^{total} eines harten magnetischen Vormagnetisierungsfilms 22 insgesamt verbessert werden. Durch Erhöhung der Sättigungsmagnetisierung M_s^{total} des harten magnetischen Vormagnetisierungsfilms 22 insgesamt kann ein magnetostatisches Vormagnetisierungsfeld mit hoher Flußdichte in den Randabschnitt der freien Schicht 18 eingegeben werden. Daher kann das Auftreten von Barkhausen-Rauschen infolge der Ausbildung magnetischer Domänen am Randabschnitt der freien Schicht 18 wirksam unterdrückt werden.

30 Um einen derartigen Zustand zu erzielen, kann eine magnetische Schicht 24 mit hohem Ms, welche die Bedingung erfüllt, daß die Sättigungsmagnetisierung $M_s^{\text{high}} (\geq M_s^{\text{hard}})$ größer oder gleich der Sättigungsmagnetisierung M_s^{hard} der harten magnetischen Schicht 23 ist, verwendet werden. Anders ausgedrückt kann, durch Verwendung einer magnetischen Schicht 24 mit hohem Ms, welche die Bedingung $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{hard}}$ erfüllt, das Auftreten von Barkhausen-Rauschen infolge der Ausbildung magnetischer Domänen am Randabschnitt der freien Schicht 18 wirksam unterdrückt werden.

35 Darüber hinaus wirkt die magnetische Schicht 24 mit hohem Ms als magnetische Unterschicht unter einer harten magnetischen Schicht 23 auf Kobaltbasis. Wenn daher eine magnetische Unterschicht als Unterschicht der harten magnetischen Schicht auf Kobaltbasis verwendet wird, sind die freie Schicht und die magnetische Unterschicht, sowie die magnetische Unterschicht und die harte magnetische Schicht auf Kobaltbasis jeweils austauschgekoppelt. Dies bedeutet, daß dann, wenn sich die freie Schicht magnetisch infolge eines mittleren Magnetfeldes dreht, die Magnetisierungsrichtung der harten magnetischen Schicht auf Kobaltbasis ebenfalls wesentlich durch Austauschkopplung beeinflusst wird.

40 Nunmehr wird ein Fall untersucht, in welchem sowohl eine magnetische Unterschicht als auch eine harte magnetische Schicht auf Kobaltbasis einen niedrigen Werte von Ms aufweisen, sowie ein Fall, in welchem sowohl eine magnetische Unterschicht als auch eine harte magnetische Schicht auf Kobaltbasis einen hohen Wert von Ms aufweisen. Die Fig. 5A, 5B und 5C zeigen schematisch Magnetisierungszustände, in welchen sowohl die magnetische Unterschicht als auch die harte magnetische Schicht auf Kobaltbasis einen hohen Wert von Ms aufweisen. Im Gegensatz hierzu zeigen die Fig. 6A, 6B und 6C schematisch Magnetisierungszustände in jenen Fällen, in welchen sowohl die magnetische Unterschicht als auch die harte magnetische Schicht auf Kobaltbasis einen niedrigen Wert von Ms aufweisen. In allen diesen Figuren sind Zustände der Filmoberflächenrichtung (der Spurbreitenrichtung (x)) gezeigt.

45 Wie in den Fig. 6A und 6B gezeigt, nimmt in der magnetischen Unterschicht 24' mit niedrigem Ms, wenn die freie Schicht 18 ihre Magnetisierung dreht, die magnetische Unterschicht 24' einen Zustand an, in welchem sie sich einfach magnetisch dreht, infolge der Austauschkopplung. Daher wird, wie in Fig. 6C gezeigt, eine Hysterese erzeugt, was Rauschen hervorruft. Dieser Zustand ist besonders bemerkenswert, wenn eine harte magnetische Schicht 23' einen Zustand mit niedrigem Ms aufweist.

50 Bei der vorliegenden Ausführungsform kann, da eine magnetische Schicht 24 mit hohem Ms als magnetische Unterschicht der harten magnetischen Schicht 23 auf Kobaltbasis verwendet wird, das Auftreten von Rauschen infolge der Magnetisierungsdrehung der voranstehend geschilderten magnetischen Unterschicht unterdrückt werden. Wie in den Fig. 5A und 5B gezeigt ist daher, wenn eine magnetische Schicht 24 mit hohem Ms als magnetische Unterschicht ver-

wendet wird, wenn die freie Schicht 18 ihre Magnetisierung dreht, die Magnetisierungsrichtung der magnetischen Schicht mit hohem M_s (magnetische Unterschicht) 24 stabil. Wie in Fig. 5C gezeigt, tritt daher keine Hysterese auf. Die Instabilität der Magnetisierungsrichtung der magnetischen Unterschicht infolge der Austauschkopplung zwischen der magnetischen Unterschicht und der freien Schicht 18 kann daher ausgeschaltet werden.

Wenn ein derartiger Zustand erzielt wird, kann als magnetische Schicht 24 mit hohem M_s als magnetische Unterschicht ein magnetisches Material verwendet werden, dessen Sättigungsmagnetisierung $M_s^{\text{high}} (\geq M_s^{\text{free}})$ größer oder gleich der Sättigungsmagnetisierung M_s^{free} der freien Schicht 18 ist. Anders ausgedrückt kann durch Verwendung einer magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s , welche die Bedingung $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{free}}$ erfüllt, als magnetische Unterschicht das Auftreten von Rauschen infolge von Magnetisierungsinstabilitäten der magnetischen Unterschichten unterdrückt werden.

Durch Verwendung einer magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s , deren Sättigungsmagnetisierung M_s^{high} die Bedingung $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{hard}}$ erfüllt, als magnetische Unterschicht, wodurch die Sättigungsmagnetisierung eines harten magnetischen Vormagnetisierungsfilms 22 insgesamt erhöht wird, kann daher die Magnetisierungsinstabilität des harten magnetischen Vormagnetisierungsfilms 22, die bei der Magnetisierungsrotation der freien Schicht 18 auftritt, ausgeschaltet werden. Daher kann das Auftreten von Rauschen unterdrückt werden.

Die magnetische Schicht 24 mit hohem M_s als magnetische Unterschicht ist selbst, da sie keine hardmagnetischen Eigenschaften aufweist, dazu erforderlich, die Magnetisierung infolge einer Austauschkopplung mit der harten magnetischen Schicht 23 zu unterdrücken. Um die Magnetisierung der magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s zu unterdrücken, ist ein bestimmtes Ausmaß an magnetischem Volumenverhältnis ($=M_s \times t$ einer harten magnetischen Schicht) / ($M_s \times t$ einer magnetischen Schicht mit hohem M_s) zwischen der magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s und der harten magnetischen Schicht 23 erforderlich. Daher ist erwünscht, daß die harte magnetische Schicht 23 selbst einen hohen Wert von M_s aufweist. Im einzelnen, da das magnetische Volumenverhältnis ebenfalls von der Dicke abhängt, ist es vorzuziehen, wenn die Dicke der magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s durch t^{high} bezeichnet wird, und jene der harten magnetischen Schicht 23 durch t^{hard} , daß folgende Beziehung erfüllt ist: $M_s^{\text{high}} \times t^{\text{high}} \leq M_s^{\text{hard}} \times t^{\text{hard}}$. Wenn die Dicke der magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s als magnetische Unterschicht zu groß ist, beträgt vorzugsweise, da die Befürchtung besteht, daß die Unterdrückung durch die harte magnetische Schicht 23 unzureichend ist, die Dicke t^{high} der magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s 20 nm oder weniger.

Bei der vorliegenden Ausführungsform kann auf der Grundlage der magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s wie voranstehend beschrieben eine magnetostatische Vormagnetisierung mit hoher Magnetflußdichte dem Randabschnitt der freien Schicht 18 zugeführt werden. Darüber hinaus läßt sich auch die Instabilität der Magnetisierungsrichtung der magnetischen Unterschicht durch Einsatz der magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s ausschalten. Da das Vormagnetisierungs-Magnetfeld stabil und wirksam am Randabschnitt der freien Schicht 18 zugeführt wird, kann das Auftreten von Barkhausen-Rauschen infolge der Ausbildung magnetischer Domänen am Randabschnitt der freien Schicht 18 wirksam unterdrückt werden. Bei der magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s ist vorzugsweise, obwohl sie eine Sättigungsmagnetisierung M_s^{high} aufweisen kann, die zumindest entweder die Bedingung $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{free}}$ oder die Bedingung $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{hard}}$ erfüllt, um einen stabilen Unterdrückungseffekt in bezug auf das Barkhausen-Rauschen zu erreichen, sowohl $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{free}}$ als auch $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{hard}}$ erfüllt.

Obwohl bei der voranstehend geschilderten Ausführungsform ein Spin-Wave-Film mit umgekehrtem Aufbau in einem MR-Film 14 verwendet wird, läßt sich der identische Effekt auch dann erzielen, wenn ein anisotroper Magnetowiderstandseffektfilm (AMR-Film) verwendet wird.

Fig. 7 ist eine Schnittansicht eines Filmaufbaus, wenn ein AMR-Film verwendet wird. Ein AMR-Film 34 als freie Schicht ist in Stapelanordnung mit einem SAL-Vormagnetisierungsfilm 33 über eine unmagnetische Schicht 35 aufgebaut. Als AMR-Film 34 kann beispielsweise ein NiFe-Legierungsfilm mit einer Dicke von etwa 10 nm verwendet werden. Auf dem SAL-Vormagnetisierungsfilm 33 mit einer Dicke von etwa 2–30 nm, der aus einer amorphen Legierung auf Kobaltbasis besteht, oder einem NiFeX-Legierungsfilm ($X=\text{Rh, Nb, Ta}$ und dergleichen) ist über eine unmagnetische Schicht 35, die aus einem Ta-Film oder einem Ta-Nitridfilm mit einer Dicke von etwa 5 nm besteht, ein AMR-Film 34 vorgesehen. Als derartiger Filmaufbau ist eine Anordnung wirksam, die einen harten magnetischen Vormagnetisierungsfilm 22 aufweist, der aus einer Stapelfilmanordnung aus einer harten magnetischen Schicht 23 und einer magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s besteht.

Wenn hierbei eine NiFe-Legierung als freie Schicht verwendet wird, da deren Sättigungsmagnetisierung einen derartig kleinen Wert von etwa 800 emu/cm³ aufweist, führt bei einem harten magnetischen Vormagnetisierungsfilm, der nur aus einer harten magnetischen Schicht besteht, dessen Sättigungsmagnetisierung nicht zu einem derartigen Problem. Wenn jedoch ein kobalthaltiges ferromagnetisches Material (der M_s -Wert beispielsweise einer CoFe-Legierung beträgt 1500 emu/cm³) mit einem derartig hohen Wert von M_s wie beispielsweise 800 emu/cm³ oder mehr in der freien Schicht 18 verwendet wird, wird das Auftreten von Rauschen beträchtlich, da die Sättigungsmagnetisierung des harten magnetischen Vormagnetisierungsfilms 22 klein ist, verglichen mit jener der freien Schicht 18. Die vorliegende Erfindung dient insbesondere zur Überwindung eines Problems, wenn eine freie Schicht 18 mit einem derartig hohen Wert von M_s verwendet wird. Selbst wenn eine freie Schicht hauptsächlich eine NiFe-Legierungsschicht aufweist, kann das Auftreten von Rauschen noch weiter unterdrückt werden, da ein Vormagnetisierungs-Magnetfeld wirksam durch Verwendung einer magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s -Wert eingegeben werden kann.

Wenn wie voranstehend geschildert die Spurbreite eng wird, wird der Pinning-Effekt am Randabschnitt der freien Schicht 18 so wesentlich, daß die herkömmliche Vormagnetisierungsanordnung das Auftreten von Barkhausen-Rauschen nicht vollständig unterdrücken konnte. Um diesem Problem zu begegnen kann bei der Vormagnetisierungsanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung das Vormagnetisierungs-Magnetfeld wirksam am Randabschnitt der freien Schicht 18 zugeführt werden. Die vorliegende Erfindung kann den Anstieg des Barkhausen-Rauschens infolge der Verengung der Spurbreite unterdrücken. Die vorliegende Erfindung ist dann besonders wirksam, wenn die Länge der Spurbreitenrichtung (x-Richtung) eines derartigen Spin-Wave-GMR-Films 14 3 mm oder weniger beträgt.

Die spezifische Sättigungsmagnetisierung M_s^{high} einer magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s beträgt vorzugsweise,

um das Vormagnetisierungsfeld in Längsrichtung wirksam an verschiedene Arten von freien Schichten 18 anzulegen, 1000 emu/cm³ oder mehr. Um auch die Änderung der Magnetisierungsrichtung des harten magnetischen Vormagnetisierungsfilms 22 zu unterdrücken, die bei der Drehung der Magnetisierung der freien Schicht 18 auftritt, beträgt die Sättigungsmagnetisierung M_s^{high} der magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s vorzugsweise 1000 emu/cm³ oder mehr. Fig. 8 zeigt die Beziehung zwischen der Sättigungsmagnetisierung M_s^{high} der magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s und dem Auftreten des Barkhausen-Rauschens. Wenn der Wert von M_s^{high} 1000 emu/cm³ oder mehr beträgt, wird das Auftreten des Barkhausen-Rauschens besonders gering.

Hierbei wird das Auftreten des Barkhausen-Rauschens, welches in Fig. 8 gezeigt ist, dadurch erhalten, daß nur ein an der unteren Seite abgeschirmtes Mikroelement verwendet wird (ohne eine obere magnetische Abschirmung) (die Abmessungen des Mikroelements sind die gleichen wie bei dem echten Kopf, wobei die Abmessungen in Richtung der Höhe durch eine Musterbildung mit PEP statt Polierung bestimmt werden), statt eines echten Kopfes. Ob Barkhausen-Rauschen auftritt oder nicht wird dadurch festgestellt, daß die magnetostatischen Eigenschaften (p-H-Kurve) des Mikroelements gemessen werden. Wenn kein Sprung in der p-H-Kurve auftritt, so wird dies als kein Auftreten von Barkhausen-Rauschen gewertet, und falls ein Sprung auftritt, wird dies als Auftreten von Barkhausen-Rauschen gewertet. Das Auftreten von Barkhausen-Rauschen wird dadurch erhalten, daß eine bestimmte Anzahl an Mikroelementen mit dem selben Parameter gemessen wird, und die Anzahl an Teilen, bei welchen Barkhausen-Rauschen auftrat, durch die Anzahl der gemessenen Teile geteilt wird, und die erhaltene Zahl mit 100 multipliziert wird. Das nachstehend angegebene Auftreten von Barkhausen-Rauschen wird auf die gleiche Weise erhalten.

Um die Änderung der Magnetisierungsrichtung des harten magnetischen Vormagnetisierungsfilms 22 zu unterdrücken, welche bei der Magnetisierungsrichtung der freien Schicht 18 auftritt, ist es vorzuziehen, daß die gesamte remanente Magnetisierung M_r^{total} eines Stapelfilms aus der magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s und der harten magnetischen Schicht 23 600 emu/cm³ oder mehr beträgt. Bei einem harten magnetischen Vormagnetisierungsfilm 22 mit derartiger hoher remanenter Magnetisierung (hohem M_r) und einer niedrigen Dispersion (hohes Quadratverhältnis (= M_r/M_s) S), kann die Variation der Magnetisierungsrichtung des harten magnetischen Vormagnetisierungsfilms 22, die bei der Magnetisierungsrichtung der freien Schicht 18 auftritt, wirksam unterdrückt werden. Daher kann das Vormagnetisierungsmagnetfeld stabil und wirksam der freien Schicht 18 zugeführt werden. Insbesondere wenn M_r^{total} 600 emu/cm³ oder mehr beträgt, wird das Auftreten des Barkhausen-Rauschens gering.

Als spezifische Materialien für die magnetische Schicht 24 mit hohem M_s lassen sich verschiedene Arten von Magnetmaterialien verwenden, wenn sie zumindest eine der voranstehend geschilderten Bedingungen erfüllen, nämlich $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{free}}$ oder $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{hard}}$. Hier lassen sich beispielsweise eine FeCo-Legierung, eine FeZr-Legierung, oder eine amorphe CoZrNb-Legierung angeben. Insbesondere für die magnetische Schicht 24 mit hohem M_s ist es vorzuziehen, eine FeCo-Legierung zu verwenden, die eine hohe Sättigungsmagnetisierung aufweist, und harte magnetische Eigenschaften in ihrer Ebene einer harten magnetischen Schicht 23 fördert, beispielsweise einer stapelförmig darauf vorgesehenen Schicht aus CoPt.

In Tabelle 1 sind Beziehungen zwischen Zusammensetzungen von FeCo-Legierungen, welche als magnetische Schicht mit hohem M_s verwendet werden sollen, und magnetischen Eigenschaften angegeben. Die in Fig. 1A und 1B dargestellten magnetischen Eigenschaften sind die Koerzitivkraft H_c und die Sättigungsmagnetisierung M_s , die bei FeCo-Legierungsfilmen mit einer Filmdicke von 5 nm erhalten werden. Weiterhin sind in Fig. 9 und Fig. 10 die Kobaltkonzentrationsabhängigkeiten des Quadratverhältnisses (= M_r/M_s) S der FeCo-Legierung dargestellt. Hierbei zeigt Fig. 9 das Quadratverhältnis (= M_r/M_s) S^{total} für jenen Fall, in welchem ein CoPt-Film mit einer Dicke von 22 nm auf einem FeCo-Legierungsfilm mit einer Dicke von 5 nm vorgesehen ist. Fig. 10 zeigt die Beziehung zwischen der Filmdicke des FeCo-Legierungsfilms und dem Quadratverhältnis (= M_r/M_s) $s S^{\text{total}}$, während die Kobaltkonzentration geändert wird.

FeCo-Legierungszusammensetzung (at%)	Fe ₈₅ Co ₁₅	Fe ₉₅ Co ₅	Fe ₅₀ Co ₅₀
Koerzitivkraft (Oe)	19	20	30
Sättigungsmagnetisierung (emu/cm ³)	1600	1425	1675

Aus Tabelle 1 und den Fig. 9 und 10 wird deutlich, daß die Kobaltkonzentration der FeCo-Legierung vorzugsweise 40 at% oder weniger beträgt, um einen hohen Wert von M_s und einen hohen Wert von S zu erhalten. Da die Korrosionsfestigkeit abnimmt, wenn die Kobaltkonzentration zu niedrig ist, beträgt vorzugsweise die Kobaltkonzentration 5 at% oder mehr. Daher ist eine FeCo-Legierung, die Kobalt im Bereich von 5–40 at% enthält, besonders bevorzugt als Bestandteil der magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s .

Für die harte magnetische Schicht 23 können verschieden Arten harter magnetischer Legierungen auf Kobaltbasis verwendet werden, beispielsweise eine CoPt-Legierung oder eine CoCrPt-Legierung. Obwohl diese harten magnetischen Legierungen auf Kobaltbasis sämtlich hervorragende Eigenschaften in Bezug auf die harte Magnetisierung oder die Korrosionsfestigkeit aufweisen, ist die Verwendung eines harten magnetischen Materials mit hohem Wert von M_s erwünscht, unter dem Gesichtspunkt, einen hohen Wert für H_c oder einen hohen Wert von M_r durch Austauschkopplung mit der magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s zu erzielen. Aus diesen Gründen ist eine CoPt-Legierung einer CoCrPt-Legierung als Bestandteil der harten magnetischen Schicht 23 vorzuziehen.

Die Filmdicken der magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s und der harten magnetischen Schicht 23 werden vorzugsweise unter Berücksichtigung einer Vermeidung der Verringerung des Wertes für H_c^{total} laminierter Filme festgelegt. Wenn beispielsweise die Filmdicke der magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s zu groß gewählt wird, nimmt die Koer-

zitivkraft H_c^{total} des harten magnetischen Vormagnetisierungsfilms 22 insgesamt ab. Daher wird die Filmdicke der magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s vorzugsweise im Bereich von 3–20 nm gewählt. Wenn die harte magnetische Schicht 23 zu dick ausgebildet wird, wird das magnetostatische Vormagnetisierungsfeld zu stark, so daß die Empfindlichkeit beeinträchtigt wird. Da die Orientierung in der Ebene der c-Achse der harten magnetischen Schicht 23 ebenfalls bei einer Erhöhung der Filmdicke der harten magnetischen Schicht 23 abnimmt, führt dies dazu, daß die Koerzitivkraft H_c und das Quadratverhältnis ($=M_r/M_s$) S abnehmen. Daher beträgt die Filmdicke der harten magnetischen Schicht 23 vorzugsweise 100 nm oder weniger, und besonders bevorzugt 50 nm oder weniger.

In bezug auf das Dickenverhältnis der magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s und der harten magnetischen Schicht 23 gelten folgende Überlegungen: wenn ein FeCo-Legierungsfilm für die magnetische Schicht 24 mit hohem M_s verwendet wird, und ein CoPt-Legierungsfilm für die harte magnetische Schicht 23 verwendet wird, und die jeweiligen Filmdicken des FeCo-Legierungsfilms etwa 5 nm, 10 nm, bzw. 20 nm betragen, so liegen die Filmdicken der CoPt-Legierungsfilme vorzugsweise im Bereich von 15–100 nm (besonders bevorzugt im Bereich von 10–50 nm), bzw. im Bereich von 20–100 nm (besonders bevorzugt im Bereich von 30–60 nm), bzw. im Bereich von 25–100 nm.

Wie voranstehend geschildert läßt sich als spezifischer Aufbau eines harten magnetischen Vormagnetisierungsfilms 22, der für die vorliegende Erfindung geeignet ist, ein stapelförmiger Film aus einer harten magnetischen Schicht 23 auf Kobaltbasis, die aus einer CoPt-Legierung besteht, und einer magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s angeben, die aus einer FeCo-Legierung besteht. Insbesondere ist ein stapelförmiger Film zu bevorzugen, der aus einer harten magnetischen Schicht 23, die aus $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ besteht, und einer magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s besteht, die aus $\text{Fe}_{85}\text{Co}_{15}$ besteht.

Als nächstes werden magnetische Eigenschaften eines spezifischen gestapelten Films beschrieben. Auf einem Spalt aus AlO_x wird ein Stapelfilm aus $\text{Fe}_{85}\text{Co}_{15}$ (5 nm)/ $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ (40 nm) als Film in demselben Vakuum mit einem Magnetron-Sputter-Verfahren hergestellt. Die magnetischen Eigenschaften des Stapelfilms zeigten eine M-H-Kurve, die durch Austauschkopplung von 2 Schichten integriert war. Hierbei betrug die Koerzitivkraft H_c^{total} in der Ebene 1050 Oe, die remanente Magnetisierung M_r^{total} 980 emu/cm³, und das Quadratverhältnis ($=M_r/M_s$) S 0,94.

Durch Kombination einer magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s , die aus einer FeCo-Legierung besteht, und einer harten magnetischen Schicht 23, die aus einer CoPt-Legierung besteht, läßt sich ein hoher Wert von M_r und eine niedrige Dispersion (hohes S) erzielen, die sich nicht bei einer einzigen harten magnetischen Schicht aus CoPt ergeben, während eine harte magnetische Schicht 23 aus CoPt eine Koerzitivkraft zeigt, die in der Praxis nicht problematisch ist, selbst auf der magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s aus FeCo als magnetischer Unterschicht.

Hierbei wird die Filmdicke eines CoPt-Legierungsfilms variiert, wobei die Filmdicke eines FeCo-Legierungsfilms auf 5 nm festgelegt ist, um die magnetischen Eigenschaften zu erhalten, die in den Fig. 11–14 gezeigt sind. Aus Fig. 11 wird deutlich, daß trotz der Tatsache, daß der Wert für H_c geringfügig bei 40 nm oder mehr abnimmt, wenn die Filmdicke der CoPt-Legierung groß gewählt wird, die Abnahme von H_c^{total} in dem Bereich unterdrückt wird, der in der Praxis nicht problematisch ist, infolge der Auswirkung eines FeCo-Legierungsfilms als Unterschicht. Wenn im Gegensatz die Filmdicke des CoPt-Legierungsfilms gering wird, nimmt die Koerzitivkraft im bezug auf ein magnetisches Volumenverhältnis ab, wenn eine Austauschkopplung mit dem FeCo-Legierungsfilm auftritt, jedoch treten keine Schwierigkeiten auf, wenn die Koerzitivkraft in dem Bereich liegt, der in Fig. 11 gezeigt ist.

Aus Fig. 12 geht hervor, daß infolge der Auswirkung eines FeCo-Legierungsfilms mit hohem M_s ein Gesamtwert M_r^{total} eines Stapelfilms, der aus zwei Schichten besteht, einen hohen Wert M_r von 800 emu/cm³ oder mehr bei allen Dicken erzielte. Ein harter magnetischer Vormagnetisierungsfilm mit hohem M_r , was man mit einem hartmagnetischen Film allein nicht erzielen kann, kann dadurch erreicht werden, daß ein Stapelaufbau mit einem FeCo-Legierungsfilm mit hohem M_s erfolgt. Aus Fig. 13 geht hervor, daß ein Film, dessen Quadratverhältnis ($=M_r/M_s$) S^{total} auch in dem Bereich sehr hoch ist, in welchem die Filmdicke des CoPt-Legierungsfilms gering ist, und dessen Dispersion klein ist, erhalten werden kann. Wenn die Filmdicke des CoPt-Legierungsfilms auf 80 nm erhöht wird, so weist dieser einen immer noch hohen Wert von 0,9 auf, und es wird deutlich, daß infolge der Auswirkungen des FeCo-Legierungsfilms die Orientierung vertikal zur c-Achse infolge der Erhöhung der Filmdicke des CoPt-Legierungsfilms unterdrückt wird. Dies geht auch aus Fig. 14 hervor, nämlich daß die Filmdicken der CoPt-Legierungsfilme und die magnetischen Volumina ($M_r \times t^{\text{total}}$) eine sehr gute Linearität zeigen, und daß sich keine Abweichung von der Linearität von $M_r \times t^{\text{total}}$ infolge der Erhöhung der Filmdicke des CoPt-Legierungsfilms ergibt.

Obwohl in Fig. 3 die magnetische Schicht 24 mit hohem M_s nur als Unterschicht der harten magnetischen Schicht 23 verwendet wird, kann wie beispielsweise in Fig. 15 gezeigt, zusätzlich zu einer ersten magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s als magnetische Unterschicht eine zweite magnetische Schicht 24b mit hohem M_s in der Nähe der freien Schicht 18 angeordnet werden. Die zweite magnetische Schicht 24b mit hohem M_s ist annähernd parallel zur Richtung der freien Schicht 18 und einer Substratoberfläche angeordnet. Ein harter magnetischer Vormagnetisierungsfilm 22, der in Fig. 15 gezeigt ist, besteht daher aus einer Stapelfilmanordnung, bei welcher hintereinander folgende Schichten vorgesehen sind: eine erste magnetische Schicht 24a mit hohem M_s als magnetische Unterschicht, eine erste harte magnetische Schicht 23a, eine zweite magnetische Schicht 24b mit hohem M_s , und eine zweite harte magnetische Schicht 23a. In diesem Fall ist die Bedingung, welche die zweite magnetische Schicht 24b mit hohem M_s erfüllen muß, gleich jener für die erste magnetische Schicht 24a mit hohem M_s als magnetische Unterschicht.

Obwohl die zweite magnetische Schicht 24b mit hohem M_s nicht zur Austauschvormagnetisierung beiträgt, kann durch Anordnung der zweiten magnetischen Schicht 24b mit hohem M_s nahe an der freien Schicht 18 ein magnetostatisches Vormagnetisierungsfeld mit hoher magnetischer Flußdichte wirksam der freien Schicht 18 zugeführt werden. Infolge eines harten magnetischen Vormagnetisierungsfilms 22, der aus einem Stapelfilm zwischen einer magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s und einer harten magnetischen Schicht 23 besteht, bei einer freien Schicht 18 eines Spin-Wave-GMR-Films 14 mit umgekehrter Anordnung, kann daher ein Vormagnetisierungs-Magnetfeld wirksamer zugeführt werden. Bei einem harten magnetischen Vormagnetisierungsfilm 22, der aus einem Stapelfilm aus einer magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s und einer harten magnetischen Schicht 23 besteht, kann die magnetische Schicht 24 mit hohem M_s nur in der Nähe der freien Schicht 18 angeordnet werden.

Ein abgeschirmter GMR-Kopf gemäß der voranstehend geschilderten Ausführungsform wird, zusammen mit der gemeinsamen Filmbildung eines harten magnetischen Vormagnetisierungsfilms 22 und einer Elektrode 25, einmal durch das PEP-Verfahren mit einem Muster versehen. Selbst wenn der harte magnetische Vormagnetisierungsfilm 22 und die Elektrode 25 zweimal durch das PEP-Verfahren mit einem Muster versehen werden, infolge einer starken Verdichtung, läßt sich die vorliegende Erfindung in identischer Weise verwirklichen. Der Aufbau in einem derartigen Fall ist in Fig. 16 gezeigt.

Ein abgeschirmter GMR-Kopf, der den Aufbau des in Fig. 16 dargestellten, wesentlichen Abschnitts aufweist, wird so hergestellt, daß ein Teil einer Elektrode 25 überlappend mit einem Spin-Wave-GMR-Film 14 ausgebildet wird. In diesem Fall wird die Spurbreite durch den Abstand zwischen 2 Elektroden 25 festgelegt. Bei einem abgeschirmten GMR-Kopf mit einem derartigen Aufbau kann ein zu starkes magnetostatisches Vormagnetisierungsfeld im Zentrumsabschnitt der freien Schicht 18 infolge der Verengung der Spurbreite verändert werden. Darüber hinaus kann der Kontaktwiderstand zwischen der Elektrode 25 und dem Spin-Wave-GMR-Film 14 verringert werden. Im übrigen sind der Aufbau und die erzielbaren Effekte ebenso wie bei den voranstehend geschilderten Ausführungsformen.

Weiterhin wird bei der voranstehend geschilderten Ausführungsform ein Fall geschildert, in welchem die Außenseiten beider Randabschnitte außerhalb der Spurbreite eines Spin-Wave-GMR-Films 14 vollständig entfernt sind. Bei einem Spin-Wave-GMR-Film 14 mit umgekehrter Anordnung, bei welchem wie in Fig. 17 gezeigt eine freie Schicht 18 an der Oberseite angeordnet ist, kann beispielsweise nur der Schutzfilm 19 etwa aus Ta des Spin-Wave-GMR-Films 14 so ausgebildet sein, daß seine Form einem Magnetfelderfassungsabschnitt entspricht. Es wird daher nur der Schutzfilm außerhalb der beiden Randabschnitte außerhalb der Spurbreite weggeätzt.

Wie voranstehend geschildert kann durch Freilegen der Oberfläche der freien Schicht 18 der Außenseiten der beiden Randabschnitte außerhalb der Spurbreite, und durch die Herstellung der Filme der magnetischen Schicht 24 mit hohem Ms und der harten magnetischen Schicht 23 hintereinander ein harter magnetischer Vormagnetisierungsfilm 22 ausgebildet werden. Durch Verwendung eines derartigen Aufbaus kann eine Vormagnetisierungsanordnung erhalten werden, in welchem der Bereich außerhalb einer Lesespur der freien Schicht 18 in direkter Austauschkopplung mit der magnetischen Schicht 24 mit hohem Ms steht.

Bei einem derartigen Aufbau wie voranstehend beschrieben, kann ein Vormagnetisierungseffekt infolge des Magnetflusses, der nicht nur von dem Randabschnitt der Lesespur der freien Schicht 18 eindringt, sondern auch von den Außenbereichen der beiden Randabschnitte (des hinteren Abschnitts) erwartet werden. Daher kann das Vormagnetisierungsmagnetfeld noch wirksamer in die freie Schicht 18 geleitet werden. Im übrigen ist der Aufbau ebenso wie bei den voranstehend geschilderten Ausführungsformen, und sind auch die hierdurch erzielbaren Auswirkungen die gleichen.

Da der Spin-Wave-GMR-Film 14 einen Aufbau aufweist, bei welchem ein Teil eines leitfähigen Films eines magnetischen Mehrschichtenfilms, der den Spin-Wave-GMR-Film 14 bildet, außerhalb beider Randabschnitte der Spurbreite bleibt, kann über den übrigbleibenden leitfähigen Film ein stabiler elektrischer Kontakt sichergestellt werden, so daß der Kontaktwiderstand absinkt. Der Widerstand des GMR-Leselementabschnittes 26 kann daher verringert werden, selbst wenn ein hoher Meßstrom zur Erhöhung der Leseempfindlichkeit zugeführt wird, und daher ist der Einfluß von thermischem Rauschen gering.

Ohne daß ein Kontakt der Wandoberfläche des Spurbreitenrandabschnitts der Pinningschicht 16 mit dem hartmagnetischen Vormagnetisierungsfilm 22 auftritt, wird das Vormagnetisierungs-Magnetfeld der freien Schicht 18 zugeführt. Während das Auftreten von Barkhausen-Rauschen unterdrückt wird, kann ein magnetisches Kriechfeld, welches der Pinningschicht 16 von dem harten magnetischen Vormagnetisierungsfilm 22 zugeführt wird, unterdrückt werden. Daher kann das Problem vermieden werden, daß die Magnetisierung der Pinningschicht 16 dazu neigt, schräg zur Richtung der Kriechmagnetisierung des harten magnetischen Vormagnetisierungsfilms 22 zu verlaufen, und daher lassen sich noch bessere lineare Antworteigenschaften erzielen.

Bei einer Vormagnetisierungsanordnung, bei welcher der Bereich außerhalb der Lesespur der voranstehend geschilderten freien Schicht 18 in direkter Austauschkopplung mit der magnetischen Schicht 24 mit hohem Ms steht, wie beispielsweise in Fig. 18 gezeigt ist, kann die Elektrode 25 so ausgebildet sein, daß sie teilweise mit dem Spin-Wave-GMR-Film 14 überlappt. Eine derartige Anordnung ist in der Hinsicht wirksam, die Spurbreite zu verringern, ebenso wie bei dem in Fig. 16 gezeigten GMR-Kopf.

Als nächstes wird eine zweite Ausführungsform eines Magnetkopfes mit getrennter Aufzeichnung und getrenntem Lesen beschrieben, bei welchem ein Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung bei einem Leselementabschnitt eingesetzt wird. Fig. 19 zeigt schematisch den wesentlichen Aufbau dieser Ausführungsform, bei welcher ein zweites Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung einem Magnetkopf mit getrennter Aufzeichnung und getrenntem Lesen wie in Fig. 2 verwendet wird. Fig. 20 zeigt in Explosionsdarstellung den Magnetowiderstandseffektfilm von Fig. 19.

Bei der vorliegenden Ausführungsform ist, wie bei der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform, auf einem nichtdargestellten Substrat über eine untere magnetische Abschirmschicht 12 ein unterer Lesemagnetspalt 13 vorgesehen. Auf dem unteren Lesemagnetspalt 13 ist ein Doppелеlement-GMR-Film 41 mit einer freien Schicht angeordnet.

Der Doppелеlement-GMR-Film 41 weist, wie in Fig. 20 gezeigt, einen magnetischen Mehrschichtenfilm auf, bei welchem hintereinander folgende Schichten stapelförmig angeordnet sind: eine erste antiferromagnetische Schicht 42, eine erste Pinningschicht 43, eine erste unmagnetische Schicht 44, eine freie Schicht 45, deren Magnetisierungsrichtung sich entsprechend einem externen Magnetfeld ändert, eine zweite unmagnetische Schicht 46, eine zweite Pinningschicht 47, und einer zweiten antiferromagnetischen Schicht 48. Die freie Schicht 45 weist, ebenso bei der voranstehend geschilderten Ausführungsform, eine kobalthaltige ferromagnetische Schicht 451 und eine weichmagnetische Unterstützungsschicht 452 auf.

Hierbei sind die Materialien für jede Schicht ebenso wie bei der voranstehend geschilderten Ausführungsform. Weiterhin ist in dieser Figur mit dem Bezugszeichen 49 ein Schutzfilm bezeichnet, mit 50 eine unmagnetische Unterschicht, und mit 51 eine Unterschicht mit einem fcc-Aufbau. Diese Schichten werden je nach Bedarf vorgesehen.

Als spezifischer Aufbau eines Doppелеlement-GMR-Films 41, in welchem eine einzelne freie Schicht 45 vorgesehen

ist, läßt sich folgender Stapelaufbau von der Substratseite aus angeben: Ta(5 nm) 50/IrMn (10 nm) 42/CoFe (2 nm) 43/Cu (3 nm) 44/CoFe (2 nm) /NiFe (5 nm) 451/CoFe (3 nm) 452/Cu (3 nm) 46/CoFe (2 nm) 47/IrMn (8 nm) 48/Ta (5 nm) 49.

Der Doppelement-GMR-Film 41 aus dem voranstehend geschilderten magnetischen Mehrschichtfilm weist eine Form auf, die jener eines Magnetfelderfassungsabschnitts entspricht. Außerhalb der Randabschnitte dieses Doppelement-GMR-Films 41 ist ein jeweiliger harter magnetischer Vormagnetisierungsfilm 22 vorgesehen, wodurch ein sogenannter Aufbau mit anstoßendem Übergang gebildet wird. Der harte magnetische Vormagnetisierungsfilm 22 weist, ebenso wie bei der voranstehend geschilderten Ausführungsform, einen Aufbau auf, bei welchem aufeinandergestapelt eine magnetische Schicht 24 mit hohem Ms und eine harte magnetische Schicht 23 vorgesehen sind. Das Material für jede Schicht, welche die harte magnetische Vormagnetisierungsschicht 22 bildet, ist ebenso wie bei der voranstehend geschilderten Ausführungsform.

Bei einem harten magnetischen Vormagnetisierungsfilm 22, der aus einem Filmstapel mit einer magnetischen Schicht 24 mit hohem Ms und einer harten magnetischen Schicht 23 besteht, kann zusätzlich zu einer Austauschvormagnetisierung, die von der Austauschkopplung zwischen einer freien Schicht 45 und einer magnetischen Schicht 24 mit hohem Ms herrührt, eine magnetostatische Vormagnetisierung mit hoher Flußdichte am Randabschnitt der freien Schicht 45 zugeführt werden. Darüber hinaus wird eine Änderung der Magnetisierungsrichtung der magnetischen Schicht 24 mit hohem Ms als magnetische Unterschicht infolge der Drehung der Magnetisierung der freien Schicht 45 unterdrückt. Auch beim Randabschnitt der freien Schicht 45 des Doppelement-GMR-Films 41 kann daher das Vormagnetisierungs-Magnetfeld stabil und wirksam zugeführt werden. Dabei kann das Auftreten von Barkhausen-Rauschen wirksam unterdrückt werden.

Selbst bei einem GMR-Kopf, bei welchem ein Doppelement-GMR-Film 41 mit einer einzigen freien Schicht 45 verwendet wird, lassen sich verschiedene Arten von Abänderungen durchführen, ebenso wie im Falle des Spin-Wave-GMR-Films 14 mit dem voranstehend geschilderten umgekehrten Aufbau. Beispielsweise kann, wie in Fig. 21 gezeigt, der harte magnetische Vormagnetisierungsfilm 22 durch einen Laminatfilm gebildet werden, bei welchem stapelförmig folgende Schichten vorgesehen sind: eine erste magnetische Schicht 24a mit hohem Ms als magnetische Unterschicht, eine erste harte magnetische Schicht 23a, eine zweite magnetische Schicht 24b mit hohem Ms, und eine zweite harte magnetische Schicht 23b. In diesem Fall kann selbst bei einem Doppelement-GMR-Film 41, bei welchem die freie Schicht 45 um den Zentrumsabschnitt herum vorgesehen ist, die zweite magnetische Schicht 24b mit hohem Ms einfach nahe an der freien Schicht 45 angeordnet werden. Wie in den Fig. 22 und 23 gezeigt, wird bei einem magnetischen Mehrschichtfilm, der einen Doppelement-GMR-Film 41 bildet, beispielsweise durch Wegätzen der Außenseite beider Randabschnitte außerhalb der Spurbreite des Abschnitts oberhalb einer freien Schicht 45 die Oberfläche der freien Schicht 45 freigelegt. Darauf werden eine magnetische Schicht 24 mit hohem Ms und eine harte magnetische Schicht 23 als Film hergestellt, um einen harten magnetischen Vormagnetisierungsfilm 22 auszubilden. Auch eine derartige Anordnung ist möglich. Bei jeder derartigen Vormagnetisierungsanordnungen kann ein Vormagnetisierungs-Magnetfeld noch wirksamer in die freie Schicht 45 eingeführt werden. Weiterhin ist in Fig. 23 eine Elektrode 25 so ausgebildet, daß sie zum Teil mit dem Doppelement-GMR-Film 41 überlappt.

Als nächstes wird eine dritte Ausführungsform eines Magnetkopfes mit getrenntem Aufzeichnen und getrenntem Lesen beschrieben, bei welchem das Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung bei einem Leseselementabschnitt eingesetzt wird. Fig. 24 zeigt schematisch den wesentlichen Aufbau einer weiteren Ausführungsform, bei welcher ein zweites Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung bei einem Magnetkopf mit getrenntem Aufzeichnen und getrenntem Lesen verwendet wird, der wie in Fig. 2 gezeigt ausgebildet ist. Fig. 25 zeigt in Explosionsdarstellung einen Magnetowiderstandseffektelementabschnitt von Fig. 24.

Bei der vorliegenden Ausführungsform wird, ebenso wie bei der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform, auf einem nicht dargestellten Substrat über eine untere magnetische Abschirmschicht 12 ein unterer Lesemagnetspalt 13 ausgebildet. Auf diesem unteren Lesemagnetspalt 13 wird ein Doppelement-GMR-Film 52 mit zwei freien Schichten hergestellt.

Der Doppelement-GMR-Film 52 weist, wie in Fig. 25 gezeigt, einen magnetischen Mehrschichtfilm auf, bei welchem stapelförmig folgende Schichten vorgesehen sind: eine erste freie Schicht 53, deren Magnetisierungsrichtung sich entsprechend einem externen Magnetfeld ändert, eine erste unmagnetische Schicht 54, eine erste Pinningschicht 55, eine antiferromagnetische Schicht 56, eine zweite Pinningschicht 57, eine zweite unmagnetische Schicht 58, und eine zweite freie Schicht 59, deren Magnetisierungsrichtung sich entsprechend einem externen Magnetfeld ändert.

Die erste und die zweite freie Schicht 53 bzw. 59 sind ebenso wie bei der voranstehend geschilderten Ausführungsform ausgebildet. Die erste freie Schicht 53 weist eine kobalthaltige ferromagnetische Schicht 531 und zwei weichmagnetische Unterstützungsschichten 532, 533 auf. Die zweite freie Schicht 59 weist eine kobalthaltige ferromagnetische Schicht 591 und eine weichmagnetische Unterstützungsschicht 592 auf. Das Material für jede Schicht ist ebenso wie bei der voranstehend geschilderten Ausführungsform. Weiterhin ist in dieser Figur mit dem Bezugszeichen 60 ein Schutzfilm bezeichnet und mit dem Bezugszeichen 61 eine unmagnetische Unterschicht. Diese Schichten werden je nach Erfordernis vorgesehen.

Als spezifischer Aufbau eines Doppelement-GMR-Films 52 mit zwei freien Schichten 53, 59 läßt sich ein Aufbau angeben, bei welchem stapelförmig von der Substratseite aus hintereinander vorgesehen sind: Ta (5 nm) 61/amorphe CoZrNb (5 nm) 533/NiFe (2 nm) 532/CoFe (3 nm) 531/Cu (3 nm) 54/CoFe (2 nm) 55/IrMn (8 nm) 56/CoFe (2 nm) 57/Cu (3 nm) 58/CoFe (3 nm) 591/NiFe (5 nm) 592/Ta (5 nm) 60.

Der Doppelement-GMR-Film 52, der aus dem voranstehend geschilderten magnetischen Mehrschichtfilm besteht, weist eine Form auf, die der Form des Magnetfelderfassungsabschnitts oder Magnetfeldmeßabschnitts entspricht. Es wird beispielsweise der Abschnitt außerhalb der Spurbreite des Doppelement-GMR-Films 52 weggeätzt. Außerhalb des Randabschnitts dieses Doppelement-GMR-Films 52 ist ein jeweiliger harter magnetischer Vormagnetisierungsfilm 22 vorgesehen, wodurch ein sogenannter Aufbau mit anstoßendem Übergang ausgebildet wird.

Ebenso wie bei der voranstehend geschilderten Ausführungsform besteht der harte magnetische Vormagnetisierungs-

film 22 aus einem Filmstapel aus einer magnetischen Schicht 24 mit hohem Ms und einer harten magnetischen Schicht 23. Der harte magnetische Vormagnetisierungsfilm 22 ist daher als Stapelfilm ausgebildet, bei welchem hintereinander eine erste magnetische Schicht 24a mit hohem Ms als magnetische Unterschicht, eine erste harte magnetische Schicht 23a, eine zweite magnetische Schicht 24b mit hohem Ms sowie eine zweite harte magnetische Schicht 23b vorgesehen sind. In diesem Fall können auch bei einem Doppelement-GMR-Film 52, der zwei freie Schichten 53, 59 aufweist, in der Nähe jeder freien Schicht 53, 59 die magnetischen Schichten 24a, 24b mit hohem Ms jeweils einfach angeordnet werden. Das Material für jede Schicht, welche die harte magnetische Vormagnetisierungsschicht 22 bildet, ist ebenso wie bei der voranstehend geschilderten Ausführungsform.

Bei diesem harten magnetischen Vormagnetisierungsfilm 22, der aus einem Filmstapel aus einer magnetischen Schicht 24 mit hohem Ms und einer harten magnetischen Schicht 23 besteht, kann wie voranstehend geschildert zusätzlich zu der Austauschvormagnetisierung, die von der Austauschkopplung der ersten und zweiten freien Schicht 53, 59 und der ersten magnetischen Schicht 24a mit hohem Ms herrührt, eine magnetostatische Vormagnetisierung mit hoher Flußdichte an den Randabschnitten der ersten und zweiten Feinschicht 53, 59 von der ersten und zweiten magnetischen Schicht 24a, 24b mit hohem Ms zugeführt werden. Darüber hinaus wird die Änderung der Magnetisierungsrichtungen der ersten magnetischen Schicht 24a mit hohem Ms als magnetische Unterschicht infolge der Drehung der Magnetisierung der ersten und der zweiten freien Schicht 53, 59 unterdrückt. Auch den Randabschnitten der zwei freien Schichten 53, 59 des Doppelement-GMR-Films 52 kann daher das jeweilige Vormagnetisierungs-Magnetfeld stabil und wirksam zugeführt werden. Daher kann das Auftreten von Barkhausen-Rauschen infolge der Ausbildung magnetischer Domänen an den Randabschnitten der zwei freien Schichten 53, 59 wirksam unterdrückt werden.

Als nächstes wird eine vierte Ausführungsform eines Magnetkopfes mit getrenntem Aufzeichnen und getrenntem Lesen beschrieben, bei welchem ein Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung bei einem Leseelementabschnitt eingesetzt wird. Die Fig. 26 und 27 zeigen schematisch den Aufbau der Ausführungsformen, bei welchen ein erstes Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung bei einem Überlagerungsaufbau eingesetzt wird. Fig. 26 ist eine Schnittansicht, gesehen von einer Luftlageroberflächenrichtung eines Magnetkopfes mit getrennter Aufzeichnung und getrenntem Lesen aus. In Fig. 26 ist die x-Richtung eine Aufzeichnungsspurbreitenrichtung, und die y-Richtung eine Aufzeichnungsspurverlaufsrichtung, welche der Filmdickenrichtung entspricht. Fig. 27 ist eine Schnittansicht in Explosionsdarstellung eines wesentlichen Abschnitts von Fig. 26. In Fig. 27 ist der Spin-Wave-GMR-Film 14 so dargestellt, daß der Filmaufbau mit Ausnahme der freien Schicht 18 weggelassen ist.

Bei dem Magnetkopf mit getrennter Aufzeichnung und getrenntem Lesen gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist, ebenso wie bei der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform, auf einer Hauptoberfläche eines Substrats 11 eine untere magnetische Abschirmschicht 12 und ein unterer Lesemagnetspalt 13 in dieser Reihenfolge vorgesehen. Auf dem unteren Lesemagnetspalt 13 ist ein Spin-Wave-GMR-Film 14 mit umgekehrtem Aufbau vorgesehen, dessen Konstruktion in Fig. 4 gezeigt ist. Zwischen dem Spin-Wave-GMR-Film 14 und dem unteren Lesemagnetspalt 13 sind im Bereich außerhalb der Spurbreite 2 harte magnetische Vormagnetisierungsfilme 22 zum vorherigen Zuführen eines Vormagnetisierungsmagnetfeldes zum Spin-Wave-GMR-Film 14 vorgesehen. Die beiden harten magnetischen Vormagnetisierungsfilme 22 sind mit vorbestimmtem Abstand angeordnet. Beide Randabschnitte des Spin-Wave-GMR-Films 14 sind nämlich auf die beiden hartmagnetischen Vormagnetisierungsfilme 22 aufgestapelt angeordnet.

Bei dem Stapelaufbau des Spin-Wave-GMR-Films 14 und der harten magnetischen Vormagnetisierungsfilme 22 können, wie in Fig. 28 gezeigt, die Außenabschnitte der Lesespur des Spin-Wave-GMR-Films 14 jeweils stapelförmig auf den harten magnetischen Vormagnetisierungsfilmen 22 angeordnet werden.

Wie in Fig. 27 gezeigt, besteht der harte magnetische Vormagnetisierungsfilm 22 aus einem Filmstapel, bei welchem hintereinander eine erste harte magnetische Schicht 23a, eine magnetische Schicht 24 mit hohem Ms und eine zweite harte magnetische Schicht 23b vorgesehen sind. Die magnetische Schicht 24 mit hohem Ms ist nahe an der freien Schicht 18 angeordnet. Der harte magnetische Vormagnetisierungsfilm 22 ist auf einer unmagnetischen Unterschicht 62 vorgesehen, die beispielsweise aus Cr besteht. Die unmagnetische Unterschicht 62 wird je nach Erfordernis vorgesehen.

Auf dem Spin-Wave-GMR-Film 14 sind zwei Elektroden 25 angeordnet. Die wesentliche Lesespurbreite des Spin-Wave-GMR-Films 14 wird durch den Abstand der beiden Elektroden 25 festgelegt. Der Spin-Wave-GMR-Film 14, zwei harte magnetische Vormagnetisierungsfilme 22, und 2 Elektroden 25 bilden einen GMR-Leseelementabschnitt 63 mit Überlagerungsaufbau. Der Aufbau mit Ausnahme der Relativposition des Spin-Wave-GMR-Films 14 und des harten magnetischen Vormagnetisierungsfilms 22 sowie der Position der beiden Elektroden 25 ist ebenso wie bei der voranstehend geschilderten, in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform. Das Material für jede Schicht und die übrigen Einzelheiten sind ebenso wie bei der voranstehend geschilderten Ausführungsform.

Der voranstehend geschilderte GMR-Leseelementabschnitt 63 wird beispielsweise wie nachstehend angegeben hergestellt. Auf einem unteren Lesemagnetspalt 13, der aus AlO_x oder dergleichen besteht, werden hintereinander eine unmagnetische Unterschicht 62, eine erste harte magnetische Schicht 23a, eine magnetische Schicht 24 mit hohem Ms und eine zweite harte magnetische Schicht 23b ausgebildet. Durch Fräsen, nachdem das PEP-Verfahren durchgeführt wurde, bei dem Filmstapel, wird das Paar der harten magnetischen Vormagnetisierungsfilme 22 so mit einem Muster versehen, das diese Filme in einem vorbestimmten Abstand zueinander angeordnet sind. In diesem Fall wird normalerweise der Abstand der beiden harten magnetischen Vormagnetisierungsfilme 22 weiter gewählt als der Abstand der beiden Elektroden 25, wobei durch den Abstand der beiden Elektroden 25 im wesentlichen die Lesespurbreite des Spin-Wave-GMR-Films 14 festgelegt wird. Die Musterbildung bei den harten magnetischen Vormagnetisierungsfilmen 22 kann durch ein Abhebeverfahren durchgeführt werden.

Auf den beiden, mit einem Muster versehenen harten magnetischen Vormagnetisierungsfilmen 22 wird dann jede Schicht nacheinander ausgebildet, durch welche der Spin-Wave-GMR-Film 14 erzeugt wird. Durch Fräsen nach Durchführung des PEP-Verfahrens bei dem magnetischen Mehrschichtfilm wird der Spin-Wave-GMR-Film 14 mit einem Muster versehen. Die Mustererzeugung bei dem Spin-Wave-GMR-Film 14 kann ebenso wie bei den harten magnetischen Vormagnetisierungsfilmen 22 durch das Abhebeverfahren erfolgen. Dann wird ein leitfähiger Film, der eine Elektrode 25 werden soll, durch das Abhebeverfahren mit einem Muster versehen, um 2 Elektroden 25 auszubilden. Hierdurch wird

ein GMR-Leselementabschnitt 63 mit Überlagerungsaufbau erhalten. Bei dem GMR-Leselementabschnitt 63 mit Überlagerungsaufbau nimmt, da der Spin-Wave-GMR-Film 14 und die Elektrode 25 an der Filmoberfläche in Kontakt stehen, der Lesewiderstand ab, was zu dem Vorteil führt, daß keine elektrostatische Zerstörung (ESD) hervorgerufen wird.

Bei einem abgeschirmten GMR-Kopf 29, bei welchem ein GMR-Leselementabschnitt 63 mit dem voranstehend geschilderten Überlagerungsaufbau eingesetzt wird, läßt sich dann, wenn ein Spin-Wave-GMR-Film 14 mit umgekehrter Anordnung verwendet wird, bei welchem die freie Schicht 18 an der Oberseite angeordnet ist, ein besonders wirksames Vormagnetisierungs-Magnetfeld nur schwer erhalten. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache kann ein harter magnetischer Vormagnetisierungsfilm 22, der aus einem Filmstapel besteht, der zwischen der harten magnetischen Schicht 23 und der magnetischen Schicht 24 mit hohem Ms vorgesehen ist, wirksam ein Vormagnetisierungs-Magnetfeld dem Randabschnitt der freien Schicht 18 zuführen, die an der Oberseite angeordnet ist.

Obwohl der Effekt infolge der Austauschkopplung zwischen der freien Schicht 18 und der magnetischen Schicht 24 mit hohem Ms nicht erhalten werden kann, kann daher infolge der Tatsache, daß die magnetische Schicht 24 mit hohem Ms nahe an der freien Schicht 18 angeordnet ist, eine magnetostatische Vormagnetisierung mit hoher Magnetflußdichte von der magnetischen Schicht 24 mit hohem Ms zugeführt werden. Daher kann dem Randabschnitt der freien Schicht 18 des Spin-Wave-GMR-Films 14, bei welchem eine Überlagerungsanordnung eingesetzt wird, ein Vormagnetisierungs-Magnetfeld stabil und wirksam zugeführt werden. Dies führt dazu, daß das Auftreten von Barkhausen-Rauschen infolge der Ausbildung magnetischer Domänen am Randabschnitt der freien Schicht 14 wirksam unterdrückt werden kann.

Selbst wenn ein Doppелеlement-GMR-Film 41 verwendet wird, bei welchem eine freie Schicht 45 um einen Zentrumsabschnitt herum angeordnet ist, wie in Fig. 20 gezeigt, oder ein Doppелеlement-GMR-Film 52 verwendet wird, der wie in Fig. 25 gezeigt 2 freie Schichten 52, 59 aufweist, ist es schwierig, mit der Überlagerungsanordnung eine wirksame Vormagnetisierung zu erzielen. Infolge dessen kann, wie in Fig. 29 und 30 gezeigt, bei harten magnetischen Vormagnetisierungsfilmen 22, die aus einem Filmstapel mit der harten magnetischen Schicht 23 und der magnetischen Schicht 24 mit hohem Ms bestehen, die magnetische Schicht 24 mit hohem Ms entsprechend den Positionen jeder freien Schicht 45, 53, 59 angeordnet werden. Den Randabschnitten der freien Schichten 45, 53 und 59 des Doppелеlement-GMR-Films 41, 52 kann daher das Vormagnetisierungs-Magnetfeld stabil und wirksam zugeführt werden. Selbst wenn der Doppелеlement-GMR-Film 41, 52 verwendet wird, kann daher das Auftreten von Barkhausen-Rauschen wirksam unterdrückt werden.

Wenn die magnetische Schicht 24 mit hohem Ms aus 3 oder mehr Schichten hergestellt wird, kann darüber hinaus eine harte magnetische Schicht 23 zwischen die magnetischen Schichten mit hohem Ms eingefügt werden, um einen Vormagnetisierungsfilm auszubilden. Ein derartiger Vormagnetisierungsfilm kann als Vormagnetisierungsfilm eines GMR-Films mit künstlichem Gitter verwendet werden, bei welchem z. B. mehrere magnetische Schichten aufeinander gestapelt angeordnet sind, um eine Vormagnetisierung zu empfangen, und lassen sich hervorragende Auswirkungen dadurch erzielen, daß die magnetische Schicht mit hohem Ms so angeordnet wird, daß ihre Position mit der magnetischen Schicht abgestimmt wird, deren Magnetisierungsrichtung sich ändert.

Als nächstes wird eine Ausführungsform eines vierten Magnetowiderstandseffektelement s gemäß der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Fig. 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 und 38 beschrieben.

Fig. 31 ist eine Schnittansicht, welche einen wesentlichen Abschnitt eines GMR-Elements gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt, und in welcher der Aufbau eines Spin-Wave-GMR-Films 71 dargestellt ist. Der Spin-Wave-GMR-Film 71 weist einen magnetischen Mehrschichtfilm auf, in welchem stapelförmig folgende Schichten vorgesehen sind: eine freie Schicht 72, deren Magnetisierungsrichtung sich entsprechend einem externen Magnetfeld ändert, eine unmagnetische Schicht 73, die aus Cu, Au, Ag und Legierungen zwischen diesen Stoffen besteht, und eine Pinningschicht 74. Die Pinningschicht 74 ist an der Unterseite angeordnet.

Die freie Schicht 72 weist eine kobalthaltige ferromagnetische Schicht 721 auf, beispielsweise eine CoFe-Legierungsschicht. Die kobalthaltige ferromagnetische Schicht 721 ist so angeordnet, daß sie im Kontakt mit einer unmagnetischen Schicht 73 steht. Auf der kobalthaltigen ferromagnetischen Schicht 721 ist, um die weichmagnetischen Eigenschaften als freie Schicht 72 zu verbessern eine weichmagnetische Unterstützungsschicht vorgesehen. Als Material für die weichmagnetische Unterstützungsschicht wird vorzugsweise ein weichmagnetisches Material verwendet, welches einen kubisch-flächenzentrierten Kristallaufbau aufweist, beispielsweise eine NiFe-Legierung, eine NiFeCo-Legierung, eine magnetische Legierung, die durch Hinzufügung verschiedener Arten zusätzlicher Elemente erhalten wird, oder ein amorphes weichmagnetisches Material. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist an der Oberseite der kobalthaltigen ferromagnetischen Schicht 721 eine NiFe-Legierungsschicht 723 als weichmagnetische Unterstützungsschicht vorgesehen.

Die Pinningschicht 74 besteht aus einem Filmstapel, der zwischen einer harten magnetischen Schicht 741 auf Kobaltbasis, die ein kobalthaltiges hartes magnetisches Material enthält, beispielsweise eine CoPt-Legierung oder eine CoCrPt-Legierung, und einer nicht-harten magnetischen Schicht 742 vorgesehen ist, die beispielsweise aus einer FeCo-Legierungsschicht besteht. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist auf der nicht-harten magnetischen Schicht 742, die beispielsweise aus einer FeCo-Legierungsschicht besteht, stapelartig eine harte magnetische Schicht 741 auf Kobaltbasis angeordnet. Die nicht-harte magnetische Schicht 742 ist an jener Seite angeordnet, an welcher kein Kontakt mit der unmagnetischen Schicht 73 vorhanden ist. Weiterhin bezeichnet in der Figur das Bezugszeichen 75 eine Schutzschicht, die beispielsweise aus Ta oder Ti besteht, und je nach Erfordernis vorgesehen wird.

Weiterhin kann, wie in Fig. 32 gezeigt, eine CoFe-Legierungsschicht 743 zwischen einer harten magnetischen Schicht 741 auf Kobaltbasis und einer unmagnetischen Schicht 73 angeordnet werden. Die CoFe-Legierungsschicht 743 verhindert, daß eine harte magnetische Schicht 741 auf Kobaltbasis direkt an der Seite der unmagnetischen Schicht 73 angeordnet ist.

Als spezifischer Aufbau für den in Fig. 31 gezeigten Spin-Wave-GMR-Film 71 läßt sich ein Aufbau angeben, bei welchem stapelartig von der Substratsite aus hintereinander vorgesehen sind: FeCo (3 nm) 742/CoPt (3 nm) 741/Cu (3 nm) 73/CoFe (3 nm) 721/NiFe (5 nm) 723/Ta (5 nm) 75. Als spezifischer Aufbau für einen Spin-Wave-GMR-Film 71, der in Fig. 32 gezeigt ist, läßt sich ein Aufbau angeben, bei welchem stapelförmig von der Substratsite aus hintereinander vor-

gesehen sind: FeCo (3 nm) **742**/CoPt (5 nm) **741**/CoFe (3 nm) **743**/Cu (3 nm) **73**/CoFe (3 nm) **721**/NiFe (5 nm) **723**/Ta (5 nm) **75**.

Die Pinningschicht **74**, die aus einem Filmstapel mit einer nicht-harten magnetischen Schicht **742**, die aus einer FeCo-Legierungsschicht und dergleichen besteht, und einer hartmagnetischen Schicht **741** auf Kobaltbasis besteht, wie bei der voranstehend geschilderten Ausführungsform als harter magnetischer Vormagnetisierungsfilm beschrieben, weist ein hohes Quadratverhältnis (= Mr/Ms) auf, und eine hervorragende Komponente in der Ebene des magnetischen Moments. Infolge des Anstiegs der Komponente in der Ebene der Pinningschicht **74**, die eine harte magnetische Schicht **741** auf Kobaltbasis verwendet, kann der Einfluß der ferromagnetischen Kopplung zwischen der Pinningschicht **74** und einer freien Schicht **72**, die über eine unmagnetische Schicht **73** angeordnet ist, wobei dieser Einfluß ein Problem bei einem Spin-Wave-GMR-Film darstellte, bei welchem ein herkömmlicher harter magnetischer Film verwendet wurde, wesentlich verringert werden. Durch einen Spin-Wave-GMR-Film **71**, bei welchem eine harte magnetischen Schicht **741** auf Kobaltbasis in einer Pinningschicht **74** verwendet wird, lassen sich daher hervorragende Magnetowiderstandseffekteigenschaften erzielen.

Wie in Fig. 53 gezeigt, kann, wenn die Pinningschicht an der Oberseite angeordnet ist, ein Filmstapel eingesetzt werden, bei welchem hintereinander stapelförmig eine FeCo-Legierungsschicht **742a**, eine harte magnetischen Schicht **741** auf Kobaltbasis, und eine NiFe-Legierungsschicht **742b** vorgesehen sind. In diesem Fall wird eine schwache senkrechte Komponente der harten magnetischen Schicht **741** auf Kobaltbasis durch die FeCo-Legierungsschicht **742a** abgeschirmt. Insbesondere wird, da eine FeCo-Legierungsschicht **742a** auch an der Seite der unmagnetischen Schicht **73** angeordnet ist, infolge der Abschirmwirkung an der Grenzfläche auf der Seite der unmagnetischen Schicht **73**, die Komponente in der Ebene der Pinningschicht **74** groß, welche eine harte magnetische Schicht **711** auf Kobaltbasis verwendet.

Hierbei ist mit dem Bezugszeichen **722** eine NiFe-Legierungsschicht bezeichnet, die als weichmagnetische Unterstützungsschicht dient, und mit **723** eine entsprechende NiFe-Legierungsschicht als weichmagnetische Unterstützungsschicht.

Als spezifischer Aufbau für den Spin-Wave-GMR-Film **71**, der in Fig. 33 gezeigt ist, läßt sich ein Aufbau angeben, bei welchem stapelförmig von der Substratseite aus hintereinander vorgesehen sind: Ta (5 nm) **76**/amorphes CoZrNb (5 nm) **723**/NiFe (2 nm) **722**/CoFe (3 nm) **721**/Cu (3 nm) **73**/FeCo (3 nm) **742a**/CoPt (5 nm) **741**/NiFe (2 nm) **742b**/Ta (5 nm) **75**. Mit einem Spin-Wave-GMR-Film **71** mit derartigem Aufbau lassen sich hervorragende Magnetowiderstandseffekteigenschaften erhalten.

Für die nicht-harte magnetische Schicht **42** kann eine FeCo-Legierung, eine FeCr-Legierung, eine FeV-Legierung, eine FeZr-Legierung, eine FeZrN-Legierung, und eine amorphe CoZrNb-Legierung verwendet werden. Vorzugsweise wird hierbei eine FeCo-Legierung eingesetzt, welche die harten magnetischen Eigenschaften in der Ebene der hartmagnetischen Schicht **741**, beispielsweise aus CoPt, die darauf gestapelt ist, besonders fördert. Bezüglich der Zusammensetzung einer FeCo-Legierung wird besonders bevorzugt eine FeCo-Zusammensetzung verwendet, welche Co im Bereich von 5–40 at% enthält, da sie sowohl korrosionsbeständig ist, und ein hervorragendes Quadratverhältnis (= Mr/Ms) aufweist, wie dies voranstehend bereits erwähnt wurde.

In den Fig. 31, 32 und 33 sind Ausführungsformen dargestellt, bei welchen eine Pinningschicht, die aus einem Filmstapel aus einer harten magnetischen Schicht auf Kobaltbasis und einer nicht-harten magnetischen Schicht besteht, in einem herkömmlichen Spin-Wave-GMR-Film **71** eingesetzt wird. Die Pinningschicht, die aus einem Filmstapel besteht, der eine harte magnetische Schicht auf Kobaltbasis und eine nicht-harte magnetische Schicht umfaßt, wie in Fig. 34, 35 und 36 gezeigt, kann bei einem Doppелеlement-GMR-Film verwendet werden.

Fig. 34 zeigt den Aufbau eines Doppелеlement-GMR-Films **77**, bei welchem eine einzige freie Schicht verwendet wird. Der Doppелеlement-GMR-Film **77** ist als magnetischer Mehrschichtfilm ausgebildet, bei welchem stapelförmig übereinander vorgesehen sind: eine erste Pinningschicht **74a**, die beispielsweise eine harte magnetische Schicht **741** auf Kobaltbasis aufweist, eine erste unmagnetische Schicht **73a**, eine freie Schicht **72**, eine zweite unmagnetische Schicht **73b**, und eine zweite Pinningschicht **74b**, die eine harte magnetische Schicht **741** auf Kobaltbasis aufweist. Die erste Pinningschicht **74a** weist folgenden Aufbau auf: FeCo (3 nm) **742**/CoPt (5 nm) **741**/CoFe (3 nm) **743**. Die erste und die zweite unmagnetische Schicht **73a**, bzw. **73b** bestehen jeweils aus Cu (3 nm). Die freie Schicht **72** weist folgenden Aufbau auf: NiFe (5 nm) **722**/CoFe (3 nm) **721**. Die zweite Pinningschicht **74b** weist folgenden Aufbau auf: FeCo (3 nm) **742**/CoPt (5 nm) **741**. Selbst bei dem Doppелеlement-GMR-Film **77** mit einem derartigen Aufbau lassen sich hervorragende Magnetowiderstandseffekteigenschaften erzielen.

Bei dem voranstehend geschilderten Doppелеlement-GMR-Film **77** kann, wie in Fig. 35 gezeigt, für eine Pinningschicht (beispielsweise die zweite Pinningschicht **74b**) eine ferromagnetische Schicht **79** eingesetzt werden, beispielsweise eine CoFe-Legierungsschicht, bei welcher eine koerzitive Blockierung durch eine üblicherweise verwendete antiferromagnetische Schicht **78** erfolgt.

Fig. 36 zeigt den Aufbau eines Doppелеlement-GMR-Films **80** mit 2 freien Schichten. Der Doppелеlement-GMR-Film **80** ist als magnetischer Mehrschichtfilm ausgebildet, bei welchem hintereinander stapelförmig beispielsweise vorgesehen sind: eine erste freie Schicht **72a**, eine erste unmagnetische Schicht **73a** (Cu (3 nm)), eine Pinningschicht **74**, die eine harte magnetische Schicht **741** auf Kobaltbasis verwendet, eine zweite unmagnetische Schicht **73b**, und eine zweite freie Schicht **72b**. Die erste freie Schicht **72a** weist folgenden Aufbau auf: amorphes CoZrNb (5 nm) **723**/NiFe (2 nm) **722**/CoFe (3 nm) **72**. Die erste und die zweite unmagnetische Schicht **73a**, **73b** bestehen jeweils aus Cu (3 nm). Die Pinningschicht **74** weist folgenden Aufbau auf: FeCo (3 nm) **742**/CoPt (5 nm) **741**/CoFe (3 nm) **743**. Die zweite freie Schicht **72b** weist folgenden Aufbau auf: CoFe (3 nm) **721**/amorphes CoZrNb (5 nm) **723**. Bei einem Doppелеlement-GMR-Film **80** mit einem derartigen Aufbau lassen sich hervorragende Magnetowiderstandseffekteigenschaften erzielen.

Selbst wenn einer der GMR-Filme, die in den Fig. 31–36 gezeigt sind, bei einem GMR-Kopf eingesetzt wird, kann ein Kopfaufbau eingesetzt werden, wie er in Fig. 2 oder Fig. 26 gezeigt ist. Bei einem GMR-Film, der eine Pinningschicht **74** aufweist, die eine harte magnetische Schicht **741** verwendet, wird es jedoch schwierig, wenn ein harter magnetischer Vormagnetisierungsfilm zum Steuern der magnetischen Domänen der freien Schicht verwendet wird, eine orthogonale Magnetisierungsanordnung zwischen der freien Schicht und der Pinningschicht zu erzielen. Wie in Fig. 37 und 38 ge-

zeigt, ist es daher vorzuziehen, eine antiferromagnetische Schicht **81**, die beispielsweise aus einer IrMn-Legierung besteht, als hartmagnetischen Vormagnetisierungsfilm zum Steuern der magnetischen Domänen der freien Schicht **72** zu verwenden.

Im Falle eines GMR-Films **71**, bei welchem eine freie Schicht **72** an der Unterseite angeordnet ist, wie dies in Fig. 37 gezeigt ist, ist es wünschenswert, eine Überlagerungsanordnung einzusetzen. In Fig. 37 bezeichnet das Bezugszeichen **82** eine Unterschicht, die aus einem Material wie beispielsweise Ti oder Ta besteht, und je nach Erfordernis in einem Film vorgesehen wird. Darauf kann eine fcc-Unterschicht aus beispielsweise Cu vorgesehen werden, je nach Erfordernis. Während eine Vormagnetisierung infolge einer antiferromagnetischen Schicht **81** als Längs-Vormagnetisierung verwendet wird, wird die harte magnetische Schicht **741** in einer Richtung magnetisiert, die nahezu orthogonal zur Vormagnetisierungsrichtung der antiferromagnetischen Schicht **81** ist, um so eine orthogonale Magnetisierungsanordnung zu erzielen. Im Falle des GMR-Films **71**, bei welchem die freie Schicht **72** an der Oberseite angeordnet ist, ist es wie in Fig. 38 gezeigt vorzuziehen, eine Überlagerungsanordnung der antiferromagnetischen Schicht **81** als harter magnetischer Vormagnetisierungsfilm einzusetzen. Bei dem in Fig. 38 gezeigten Kopfaufbau kann die Elektrode **25** so ausgebildet sein, daß sie sich teilweise mit dem GMR-Film **71** überlappt.

Der Magnetkopf mit getrennter Aufzeichnung und getrenntem Lesen gemäß jeder der voranstehend geschilderten Ausführungsformen ist in einem Kopfgleitstück angeordnet.

Ein Kopfgleitstück, welches mit einem Magnetkopf mit getrennter Aufzeichnung und getrenntem Lesen versehen ist, ist in einer magnetischen Aufzeichnungseinrichtung wie beispielsweise einem Magnetplattengerät angebracht, wie beispielsweise in Fig. 39 gezeigt ist. Fig. 39 zeigt den grundlegenden Aufbau eines Magnetplattengerätes **100**, welches ein Drehbetätigungsglied verwendet.

Eine Magnetplatte **101** ist an einer Spindel **102** befestigt, und wird durch einen (nicht in der Figur dargestellten) Motor gedreht, der auf ein Steuersignal von einer Antriebseinheitssteuerung (nicht dargestellt) reagiert. Ein Kopfgleitstück **103**, welches das Aufzeichnen/Lesen von Information durchführt, während es über der Magnetplatte **101** schwebt, ist an dem Ende einer Spitze einer Dünnfilmaufhängung **104** befestigt.

Wenn sich die Magnetplatte **101** dreht, wird eine Luftlageroberfläche (ABS) des Kopfgleitstücks **103** in einer vorbestimmten Schwebehöhe (0 nm bis 100 nm oder weniger) gegenüber der Oberfläche der Magnetplatte **101** gehalten. Das Kopfgleitstück **103** ist mit einem Magnetkopf mit getrennter Aufzeichnung und getrenntem Lesen gemäß einer der voranstehend geschilderten Ausführungsformen versehen.

Eine Aufhängung **104** ist mit einem Rand eines Betätigungsgliedarms **105** verbunden, der einen Spulenkörperabschnitt aufweist, der eine nicht dargestellte Treiberspule hält. Am anderen Ende des Betätigungsgliedarms **105** ist ein Schwingspulmotor **106**, nämlich eine Art eines Linearmotors, angeordnet. Der Schwingspulmotor **106** besteht aus einer nicht dargestellten Treiberspule, die auf den Spulenkörperabschnitt des Betätigungsgliedarms **105** aufgewickelt ist, und einer magnetischen Schaltung, die aus einem Permanentmagneten und einem gegenüberliegenden Joch besteht, die beide so angeordnet sind, daß sie die Treiberspule sandwichartig einschließen.

Der Betätigungsgliedarm **105** wird durch nicht dargestellte Kugellager gehalten, die an zwei Orten oberhalb und unterhalb einer festen Achse **107** angeordnet sind, so daß eine freie Gleit- und Drehbewegung durch den Schwingspulmotor **106** erfolgen kann.

Obwohl bei den voranstehend geschilderten Ausführungsformen die Magnetköpfe mit getrennter Aufzeichnung und getrenntem Lesen beschrieben wurden, kann ein Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung auch bei einem anderen Kopfaufbau eingesetzt werden, beispielsweise einem Magnetkopf, bei welchem die Aufzeichnung und das Lesen kombiniert erfolgt, und bei welchem ein magnetisches Joch gemeinsam in einem Aufzeichnungskopf und einem Lesekopf verwendet wird.

Ein Magnetowiderstandseffektelement gemäß der vorliegenden Erfindung kann nicht nur bei einem Magnetkopf eingesetzt werden, sondern auch bei einem Magnet Speichergerät, etwa einem Magnetowiderstandseffektspeicher (MRAM). Fig. 40 zeigt schematisch den Aufbau einer Ausführungsform eines MRAM, welcher den Riesen-Magnetowiderstandseffekt (GMR) nutzt. Ein MRAM **81**, der in der Figur gezeigt ist, weist einen Spin-Wave-GMR-Film **83** auf, der auf einem Substrat **82** vorgesehen ist, beispielsweise einem Glassubstrat oder einem Si-Substrat. Im einzelnen ist der Aufbau des Spin-Wave-GMR-Films **83** so, wie dies in den Fig. 81 bis 36 dargestellt ist.

Am oberen Abschnitt des Spin-Wave-GMR-Films **83** ist über eine Isolierschicht **83** eine Schreibeinktrode **85** angeordnet. An beiden Randabschnitten des Spin-Wave-GMR-Films **83** ist ein Paar von Leseinktroden **86** angeordnet. Dem Spin-Wave-GMR-Film **83** wird ein Meßstrom von den beiden Leseinktroden **86** zugeführt. Das Bezugszeichen **87** in der Figur bezeichnet 2 Hilfsinktroden.

Das Schreiben und Lesen von Information bei dem voranstehend geschilderten MRAM **81** wird beispielsweise folgendermaßen durchgeführt. Die Aufzeichnung und das Lesen von Information in dem und von dem MRAM **81** wird unter Bezugnahme auf die Fig. 41A, 41B und 41C beschrieben. Ein in Fig. 41A, 41B und 41C gezeigter MRAM **81** weist einen Spin-Wave-GMR-Film **71** auf, der in Fig. 31 als Spin-Wave-GMR-Film **83** gezeigt ist. Da wie voranstehend geschildert die Koerzitivkraft eines Filmstapels **74** einfach gesteuert werden kann, läßt sich dieser Film wirksam als semi-harte Informationsspeicherschicht einsetzen.

Das Einschreiben von Information wird, wie in Fig. 41A gezeigt, dadurch durchgeführt, daß man einen elektrischen Strom zu einer Schreibeinktrode **85** fließen läßt, um ein externes Magnetfeld zuzuführen, damit die Magnetisierungsrichtung eines Filmstapels (semi-harte Schicht) **74** aus einer nicht-harten magnetischen Schicht, beispielsweise einer FeCo-Legierungsschicht, und einer harten magnetischen Schicht auf Kobaltbasis in eine Richtung geändert wird, die "1" oder "0" entspricht.

Das Lesen von Information wird durchgeführt, wie in Fig. 41B und 41C gezeigt, während weiterhin ein Meßstrom von den Leseinktroden **86** fließt, indem man einen gepulsten elektrischen Strom mit positiven und negativen Vorzeichen zur Schreibeinktrode **85** fließen läßt, und hierdurch die Magnetisierungsrichtung einer freien Schicht **72** umzukehren, die eine weichmagnetische Schicht ist. Ob die Schreibeinktrode **85** positiv oder negativ geschaltet ist, beeinflußt nicht die Magnetisierungsrichtung der freien Schicht **72**, die konstant ist, unabhängig davon, ob die semiharte Schicht **74** den Wert

"1" oder den Wert "0" zeigt. Im Gegensatz hierzu wird festgestellt, abhängig von der Magnetisierungsrichtung der semi-harten Schicht 74, in welcher "1" oder "0" gespeichert ist, ob dann, wenn der Impulsstrom der Schreibelektrode 85 positiv ist, die Magnetisierungsrichtungen der ferromagnetischen Schichten (72, 74) oberhalb und unterhalb des Spin-Wave-GMR-Films 71 parallel sind, und, wenn er negativ ist, antiparallel, oder ob, wenn der Impulsstrom der Schreibelektrode 85 negativ ist, die Magnetisierung parallel ist, und wenn dieser positiv ist, antiparallel. Wenn daher ein Impulsstrom beispielsweise von positiv nach negativ zur Schreibelektrode 85 fließt, kann abhängig davon, ob sich der Widerstand des Meßstroms von groß nach klein oder von klein nach groß ändert, der Wert "1" oder der Wert "0" der semi-harten Schicht 74 unterschieden werden.

Bei dem voranstehend geschilderten MRAM 81 sind, da ein Filmstapel (semi-harte Schicht) 74 aus einer nicht-harten magnetischen Schicht, die beispielsweise aus einer FeCo-Legierungsschicht besteht, und einer harten magnetischen Schicht auf Kobaltbasis besteht, ein hohes Quadratverhältnis (= M_r/M_s) aufweist, dessen Eigenschaften als Speicherschicht hervorragend, und kann durch den Zustand von "1" oder "0" eine Rückwärtsrichtungsaufzeichnung nahezu vollständig durch geführt werden.

Weiterhin wird ein MRAM, der eine herkömmliche harte magnetische Schicht als Speicherschicht einsetzt, wesentlich durch die ferromagnetische Kopplung des Spin-Wave-GMR-Films beeinflusst. Wenn daher ein positiver oder negativer Impulsstrom zur Schreibelektrode 85 fließt, tritt ein negativer Einfluß auf die Bewegung der Magnetisierungsrichtung der freien Schicht 72 auf, so daß es schwierig wird, eine vollständige Magnetisierung in einer Richtung zu erhalten. Im Gegensatz hierzu kann bei einem Spin-Wave-GMR-Film 71 gemäß der vorliegenden Erfindung, wie voranstehend geschildert, infolge der Tatsache, daß der Einfluß der ferromagnetischen Kopplung wesentlich verringert ist, eine vollständige Magnetisierung in einer Richtung erzielt werden.

Zusätzlich nimmt bei einem MRAM, der eine herkömmliche hartmagnetische Schicht als Speicherschicht verwendet, wenn die Dicke einer unmagnetischen Schicht erhöht wird, um den Einfluß der ferromagnetischen Kopplung auszuschließen, die MR-Änderungsrate ab, was zu einer Absenkung von S/N (Signal-Rauschverhältnis) führt.

Fig. 42 zeigt als Schnittansicht ein weiteres Baubeispiel für einen MRAM. Ein in der Figur dargestellter MRAM 88 weist, ebenso wie der GMR-Kopf jeder der voranstehend geschilderten Ausführungsformen, einen hartmagnetischen Vormagnetisierungsfilm 22 auf, um ein Vormagnetisierungs-Magnetfeld der freien Schicht zuzuführen. Als spezifischer Aufbau für den hartmagnetischen Vormagnetisierungsfilm 22, wie er beispielsweise in Fig. 43 gezeigt ist, läßt sich ein Film angeben, bei welchem eine Stapelanordnung aus einer hartmagnetischen Schicht 23 auf Kobaltbasis, die etwa aus einer CoPt-Legierung oder einer CoCrPt-Legierung besteht, auf einer magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s vorgesehen ist, die beispielsweise aus einer FeCo-Legierung besteht. Weiterhin lassen sich als hartmagnetische Vormagnetisierungsschicht 22, abhängig vom Aufbau des Spin-Wave-GMR-Films 83, verschiedene Anordnungen von Filmstapeln einsetzen.

Ein hartmagnetischer Vormagnetisierungsfilm 22 in einem MRAM 88 dient zum Steuern des Ausmaßes des Magnetfeldes, bei welchem die Umkehr der Magnetisierung der freien Schicht 72 auftritt, wenn ein positiver oder negativer Impulsstrom zur Schreibelektrode 85 fließt, und dient zur Unterdrückung von Rauschen, welches bei einer irregulären Magnetisierungsumkehrung in einem Zustand auftritt, in welchem magnetische Domänen ausgebildet werden. Hierbei ist ein hartmagnetischer Vormagnetisierungsfilm ein Dünnschicht entsprechend einer höheren Integrationsdichte und ist es wesentlich, eine ausreichende Vormagnetisierungskraft zu erhalten, damit die Erhöhung des Entmagnetisierungsfeldes unterdrückt werden kann, die bei der Miniaturisierung der Zellenabmessung auftritt. Wie bei jeder Ausführungsform bereits im einzelnen beschrieben, kann ein hartmagnetischer Vormagnetisierungsfilm 22, der aus einer magnetischen Schicht 24 mit hohem M_s und einer hartmagnetischen Schicht 23 besteht, ein ausreichendes Vormagnetisierung-Magnetfeld sicherstellen. Ein MRAM 88 ermöglicht daher die Erzielung einer hohen Integrationsdichte.

Patentansprüche

1. Magnetowiderstandseffektelement, welches aufweist:

einen Magnetowiderstandseffektfilm, der eine Pinningschicht aufweist, eine unmagnetische Schicht, die stapelförmig oben auf der Pinningschicht angeordnet ist, und eine freie Schicht, die stapelförmig oben auf der unmagnetischen Schicht angeordnet ist, und ihre Magnetisierungsrichtung infolge eines externen Magnetfelds ändert;

einen magnetischen Vormagnetisierungsfilm, der ein Vormagnetisierungs-Magnetfeld für die freie Schicht zur Verfügung stellt, wobei der magnetische Vormagnetisierungsfilm als Filmstapel aus einer hartmagnetischen Schicht und einer magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung ausgebildet ist, und dann, wenn die Sättigungsmagnetisierung der magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung M_s^{high} , die Sättigungsmagnetisierung der freien Schicht M_s^{free} , und die Sättigungsmagnetisierung der hartmagnetischen Schicht M_s^{hard} ist, die magnetische Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung zumindest eine der folgenden Bedingungen erfüllt: $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{free}}$ und $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{hard}}$, und

eine Elektrode, die einen Meßstrom dem Magnetowiderstandseffektfilm zur Verfügung stellt.

2. Magnetowiderstandseffektelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die hartmagnetische Schicht auf die magnetische Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung aufgestapelt ist.

3. Magnetowiderstandseffektelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die freie Schicht passive Endbereiche aufweist, die durch einen zentralen aktiven Bereich getrennt werden, und die hartmagnetische Schicht einen anstoßenden Übergang mit den passiven Endbereichen der freien Schicht über die magnetische Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung ausbilden.

4. Magnetowiderstandseffektelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die freie Schicht passive Endbereiche aufweist, die durch einen zentralen aktiven Bereich getrennt sind, und daß der passive Endbereich stapelförmig auf dem magnetischen Vormagnetisierungsfilm angeordnet ist.

5. Magnetowiderstandseffektelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sättigungsmagnetisierung M_s^{high} der magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung 1000 emu/cm³ oder mehr beträgt.

6. Magnetowiderstandseffektelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die freie Schicht eine magnetische Schicht aufweist, welche Co enthält.
7. Magnetowiderstandseffektelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die magnetische Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung eine FeCo-Legierung enthält.
8. Magnetowiderstandseffektelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die hartmagnetische Schicht und die magnetische Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung dann, wenn die Dicke der hartmagnetischen Schicht gleich t^{hard} und die Dicke der magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung gleich t^{high} ist, folgende Beziehung erfüllen: $M_s^{\text{hard}} \cdot \chi_t^{\text{hard}} \geq M_s^{\text{high}} \cdot \chi_t^{\text{high}}$.
9. Magnetowiderstandseffektelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der magnetische Vormagnetisierungsfilm eine zweite magnetische Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung aufweist, welche näher an der freien Schicht angeordnet ist, als die erste magnetische Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung.
10. Magnetowiderstandseffektelement, welches aufweist:
einen Magnetowiderstandseffektfilm, der einen magnetischen Mehrschichtfilm aufweist, der mehrere magnetische Schichten und mehrere unmagnetische Schichten enthält, die jeweils zwischen den magnetischen Schichten angeordnet sind, wobei zumindest eine Schicht unter den mehreren magnetischen Schichten eine freie Schicht ist, deren Magnetisierungsrichtung sich entsprechend einem externen Magnetfeld ändert, und zumindest eine Schicht eine Pinningschicht ist;
einen magnetischen Vormagnetisierungsfilm, der ein Vormagnetisierungs-Magnetfeld für die freie Schicht zur Verfügung stellt, wobei der magnetische Vormagnetisierungsfilm als Filmstapel aus einer hartmagnetischen Schicht und einer magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung ausgebildet ist, und dann, wenn die Sättigungsmagnetisierung der magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung gleich M_s^{high} ist, die Sättigungsmagnetisierung der freien Schicht gleich M_s^{free} , die Sättigungsmagnetisierung der hartmagnetischen Schicht gleich M_s^{hard} , die magnetische Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung zumindest eine der folgenden Bedingungen erfüllt: $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{free}}$ und $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{hard}}$, und
eine Elektrode, welche einen Meßstrom für den Magnetowiderstandseffektfilm zur Verfügung stellt.
11. Magnetowiderstandseffektelement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Magnetowiderstandseffektfilm eine erste Pinningschicht aufweist, welche die Pinningschicht ist, wobei die erste Schicht stapelförmig über eine erste unmagnetische Schicht der mehreren unmagnetischen Schichten auf der ersten Pinningschicht angeordnet ist, sowie eine zweite Pinningschicht aufweist, welche die Pinningschicht darstellt, die stapelförmig über eine zweite unmagnetische Schicht der mehreren unmagnetischen Schichten auf der freien Schicht angeordnet ist.
12. Magnetowiderstandseffektelement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Magnetowiderstandseffektelement eine erste freie Schicht aufweist, welche die freie Schicht darstellt, wobei die Pinningschicht über eine erste unmagnetische Schicht der mehreren unmagnetischen Schichten stapelförmig auf der ersten freien Schicht angeordnet ist, sowie eine zweite freie Schicht aufweist, welche die freie Schicht darstellt, die stapelförmig über eine zweite unmagnetische Schicht der mehreren unmagnetischen Schichten auf der Pinningschicht angeordnet ist.
13. Magnetowiderstandseffektelement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die hartmagnetische Schicht stapelförmig auf der magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung angeordnet ist.
14. Magnetowiderstandseffektelement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Sättigungsmagnetisierung M_s^{high} der magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung gleich 1000 emu/cm^3 oder mehr ist.
15. Magnetowiderstandseffektelement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die freie Schicht eine magnetische Schicht aufweist, welche Co enthält.
16. Magnetowiderstandseffektelement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die magnetische Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung eine FeCo-Legierung aufweist.
17. Magnetowiderstandseffektelement nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der magnetische Vormagnetisierungsfilm mehrere magnetische Schichten mit hoher Sättigungsmagnetisierung aufweist, wobei zumindest eine Schicht der mehreren magnetischen Schichten mit hoher Sättigungsmagnetisierung näher an der freien Schicht angeordnet ist, als die übrigen der mehreren magnetischen Schichten mit hoher Sättigungsmagnetisierung.
18. Magnetowiderstandseffektelement, welches aufweist:
einen Magnetowiderstandseffektfilm, der eine magnetische Schicht aufweist, die einen anisotropen Magnetowiderstandseffekt zeigt, und eine weichmagnetische Schicht, die in Stapelanordnung über eine unmagnetische Schicht mit der magnetischen Schicht angeordnet ist, und einen Vormagnetisierungs-Arbeitspunkt für die magnetische Schicht zur Verfügung stellt;
einen magnetischen Vormagnetisierungsfilm, der ein Vormagnetisierungs-Magnetfeld für die magnetische Schicht zur Verfügung stellt, welche den anisotropen Magnetowiderstandseffekt zeigt, oder den weichmagnetischen Schichten, wobei der magnetische Vormagnetisierungsfilm einen Filmstapel aus einer hartmagnetischen Schicht und einer magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung aufweist, und dann, wenn die Sättigungsmagnetisierung der magnetischen Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung gleich M_s^{high} ist, die Sättigungsmagnetisierung der magnetischen Schicht, welche den anisotropen Magnetowiderstandseffekt zeigt, gleich M_s^{AMR} ist, die Sättigungsmagnetisierung der hartmagnetischen Schicht gleich M_s^{hard} ist, die magnetische Schicht mit hoher Sättigungsmagnetisierung zumindest eine der folgenden Bedingungen erfüllt: $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{AMR}}$ und $M_s^{\text{high}} \geq M_s^{\text{hard}}$, und
eine Elektrode, welche einen Meßstrom dem Magnetowiderstandseffektfilm zur Verfügung stellt.
19. Magnetowiderstandseffektelement, welches aufweist:
einen Magnetowiderstandseffektfilm, der eine freie Schicht aufweist, deren Magnetisierungsrichtung sich in Abhängigkeit von einem externen Magnetfeld ändert, und eine Pinningschicht, die in Stapelanordnung mit der freien Schicht über eine dazwischenliegende unmagnetische Schicht angeordnet ist, wobei die Pinningschicht einen Filmstapel aus einer hartmagnetischen Schicht und einer nicht-hartmagnetischen Schicht aufweist, und die nicht-hartmagnetische Schicht zumindest auf der Seite angeordnet ist, welche nicht in Kontakt mit der unmagnetischen Schicht

steht; und

eine Elektrode, die einen Meßstrom dem Magnetowiderstandseffektfilm zur Verfügung stellt.

20. Magnetowiderstandseffektelement nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die hartmagnetische Schicht ein hartmagnetisches Material aufweist, welches Co enthält, und die nicht-hartmagnetische Schicht eine FeCo-Legierung aufweist.

21. Magnetkopf, welcher aufweist:

eine untere magnetische Abschirmung;

ein Magnetowiderstandseffektelement nach Anspruch 1, welches auf der unteren magnetischen Abschirmung über einen unteren Lesemagnetspalt ausgebildet ist; und

eine obere magnetische Abschirmung, die auf dem Magnetowiderstandseffektelement über einen oberen Lesemagnetspalt ausgebildet ist.

22. Magnetkopf nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß ein unterer Magnetpol und die obere magnetische Abschirmung einstückig ausgebildet sind, ein Lesemagnetspalt auf dem unteren Magnetpol vorgesehen ist, und ein oberer Magnetpol auf dem Lesemagnetspalt angeordnet ist.

23. Magnetische Aufzeichnungseinrichtung, welche aufweist:

ein magnetisches Aufzeichnungsmedium; und

ein Kopfgleitstück, welches mit einem Magnetkopf gemäß Anspruch 22 versehen ist, welcher ein Signal in das magnetische Aufzeichnungsmedium über ein Magnetfeld einschreibt, und ein Signal aus dem magnetischen Aufzeichnungsmedium über ein Magnetfeld ausliest.

Hierzu 25 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1A

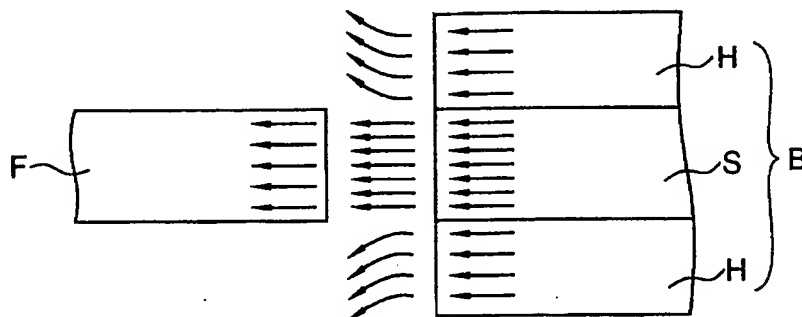
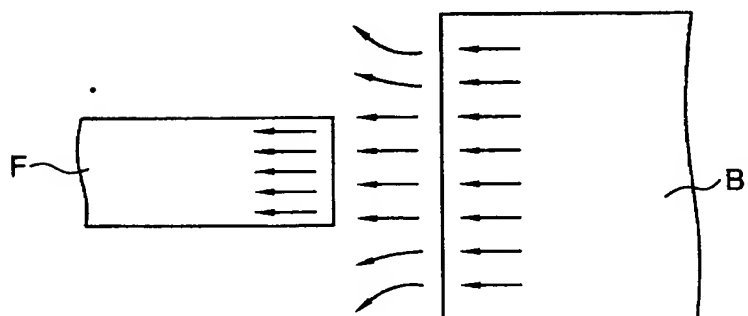


FIG. 1B



32

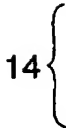


FIG. 5A

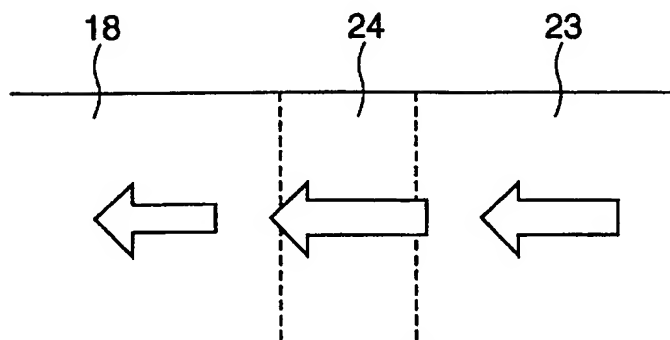


FIG. 5B

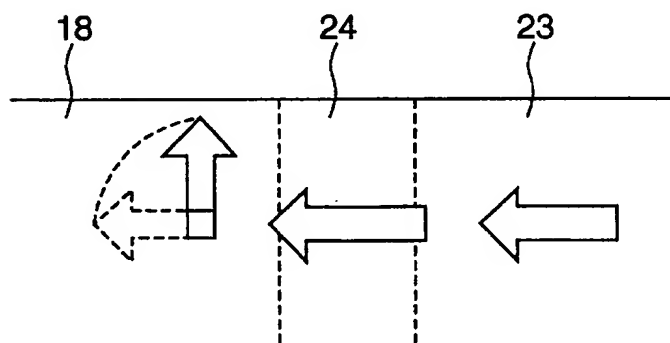


FIG. 5C

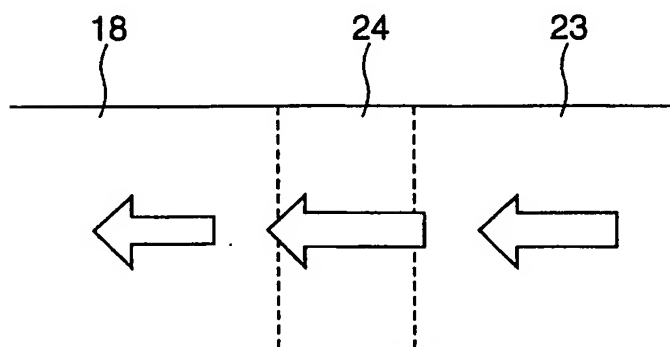


FIG. 6A

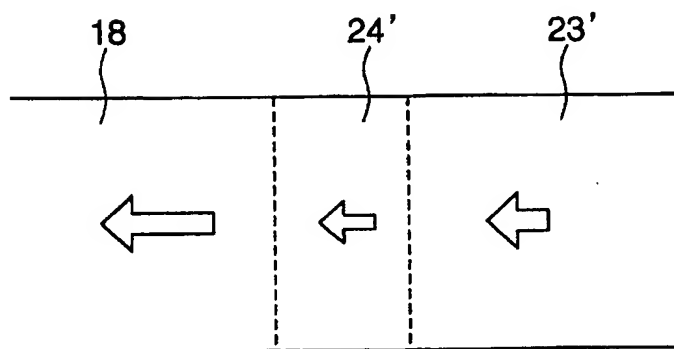


FIG. 6B

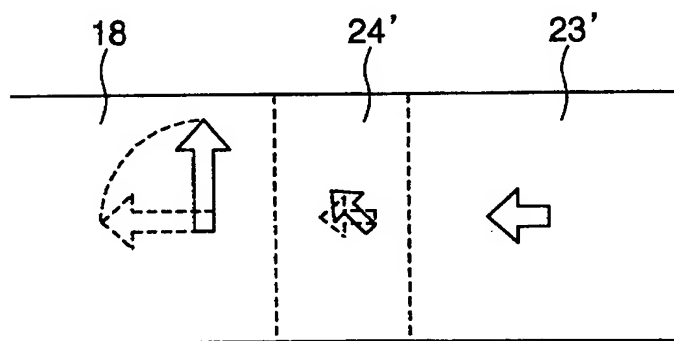


FIG. 6C

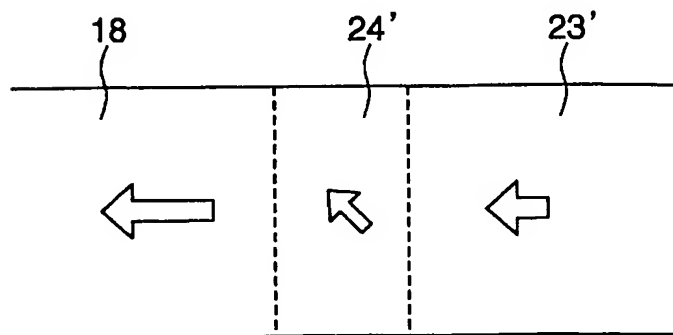


FIG. 7

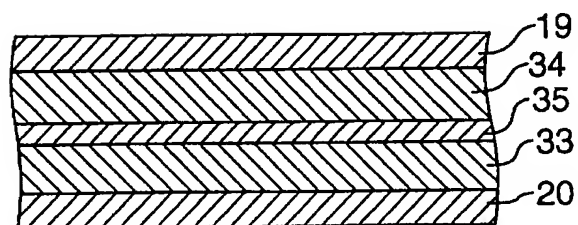


FIG. 8

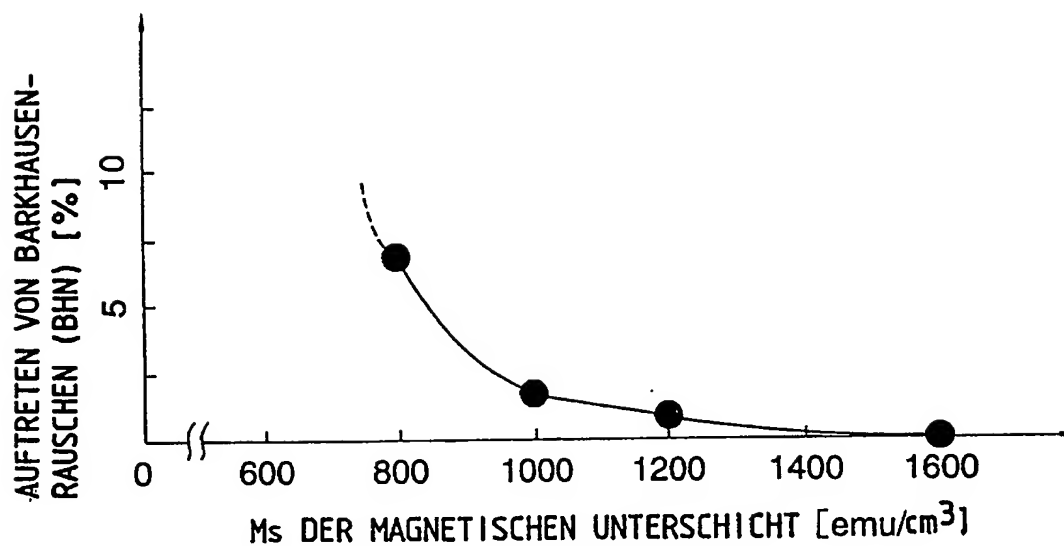


FIG. 9

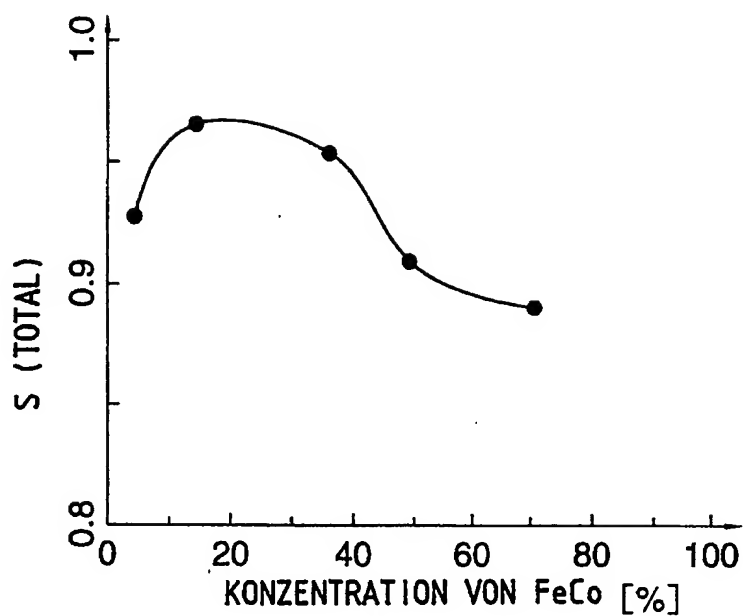


FIG. 10

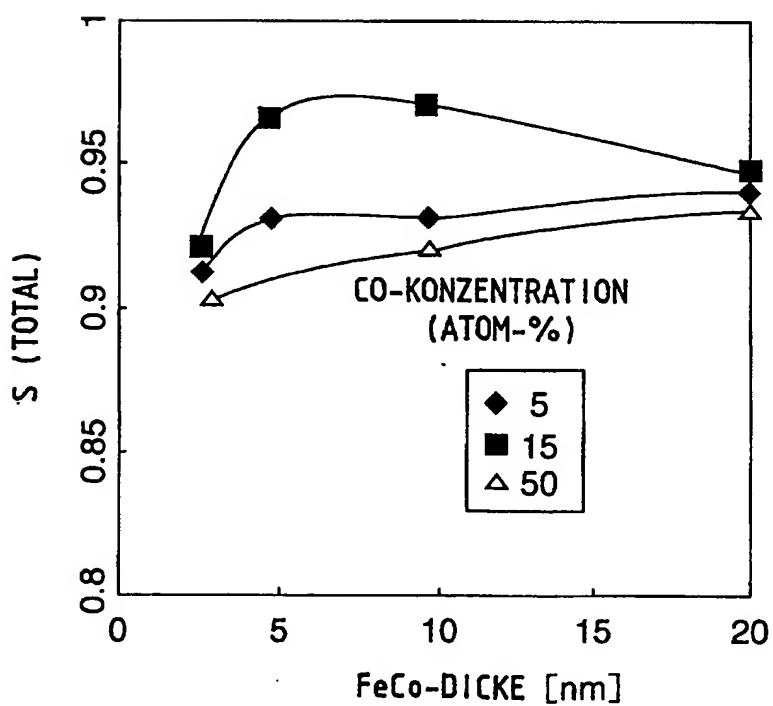


FIG. 11

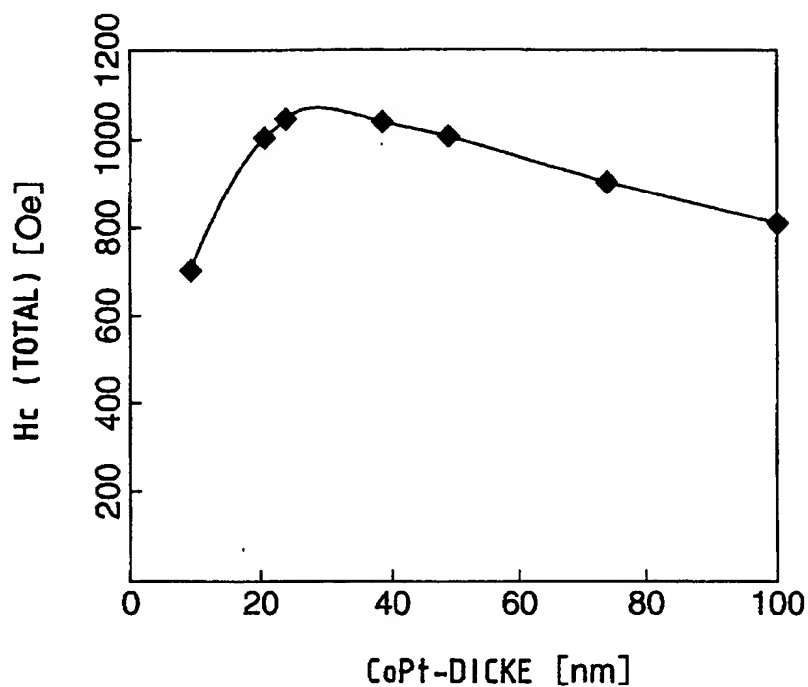


FIG. 12

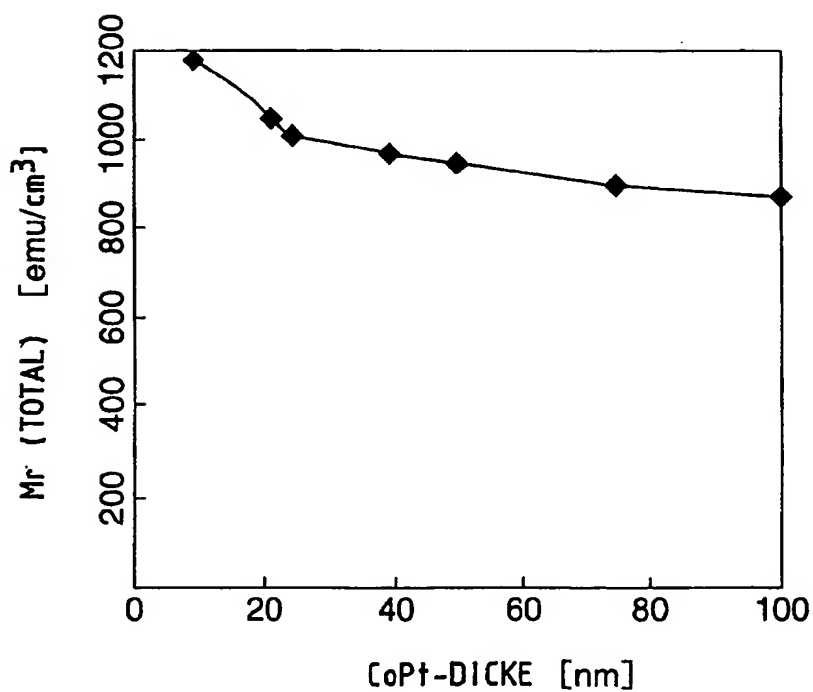


FIG. 13

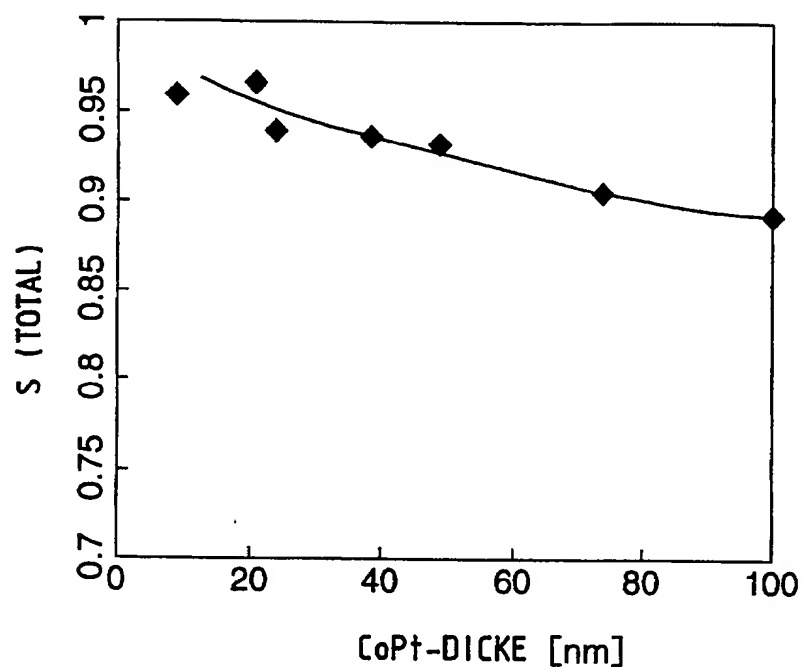


FIG. 14

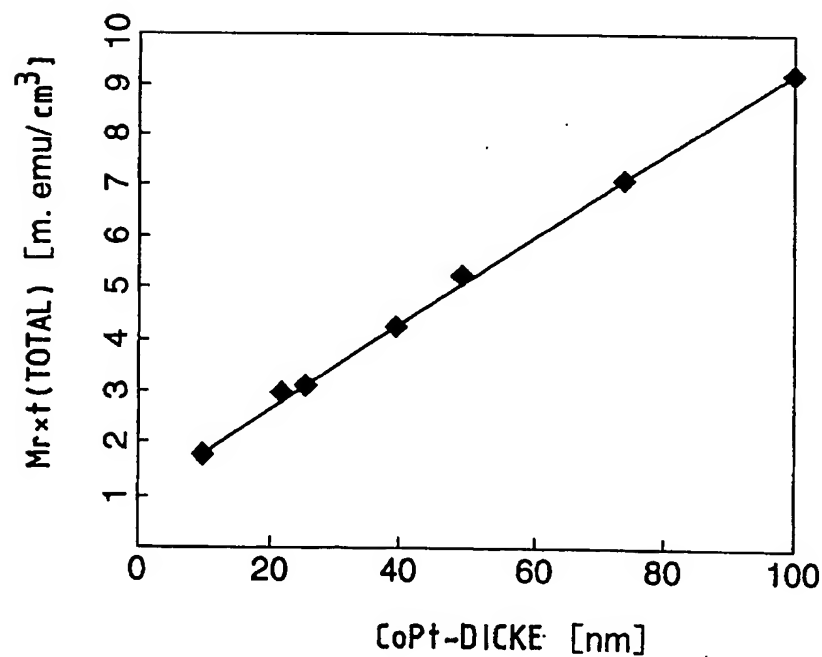


FIG. 15

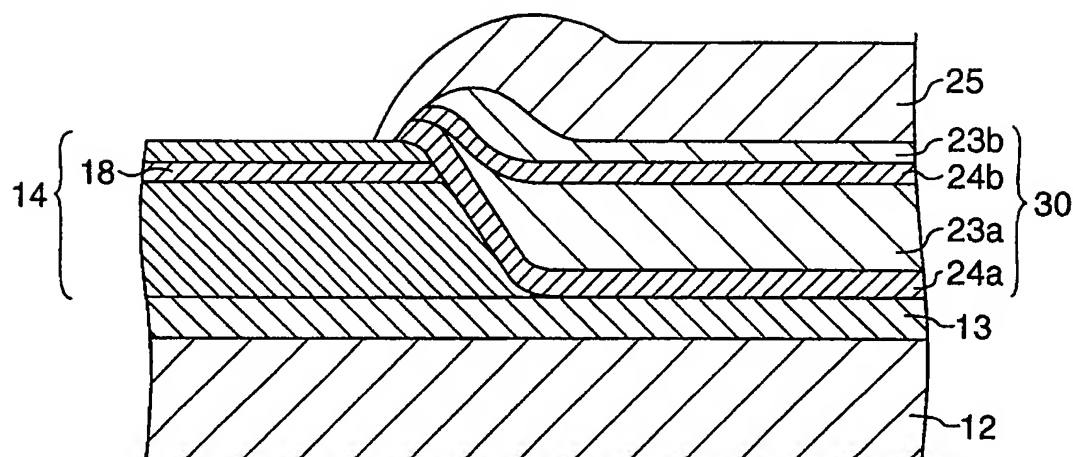


FIG. 16

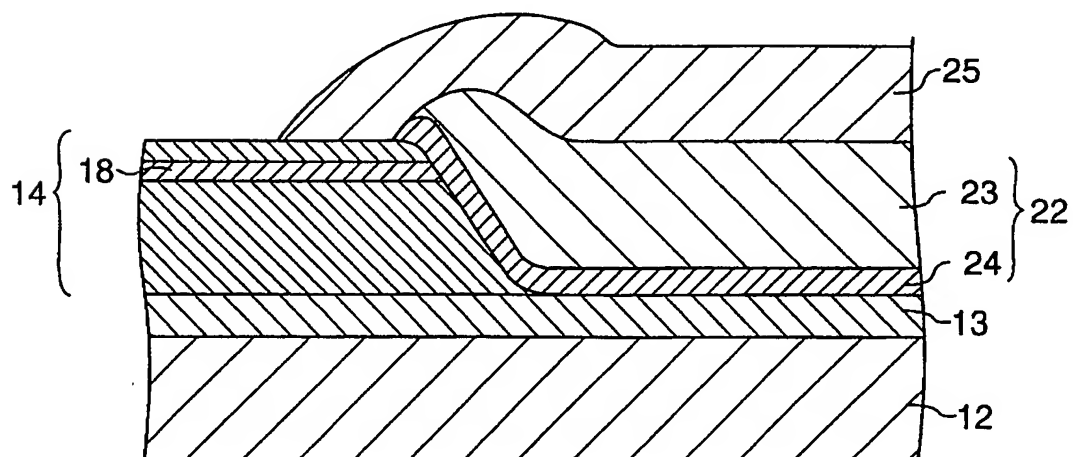


FIG. 17

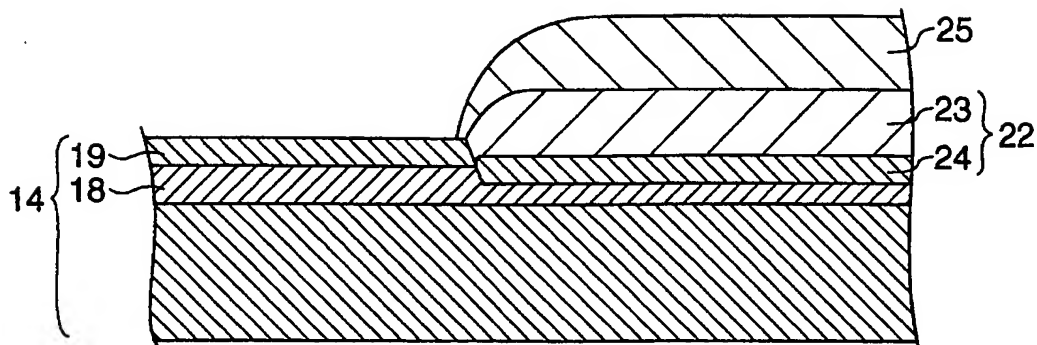


FIG. 18

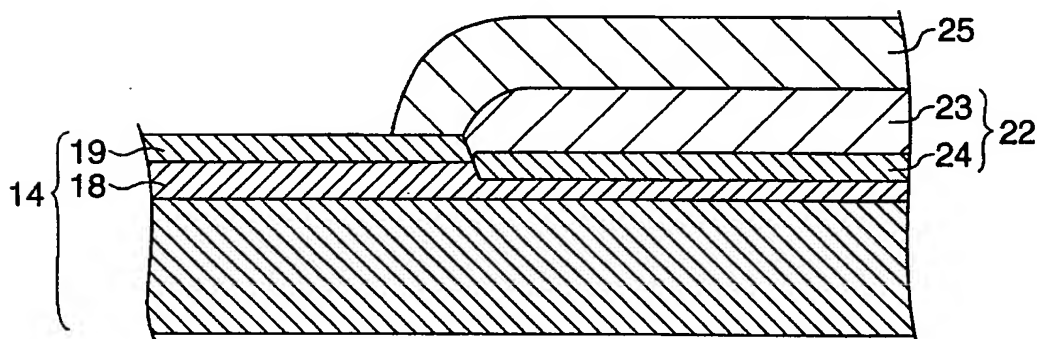


FIG. 19

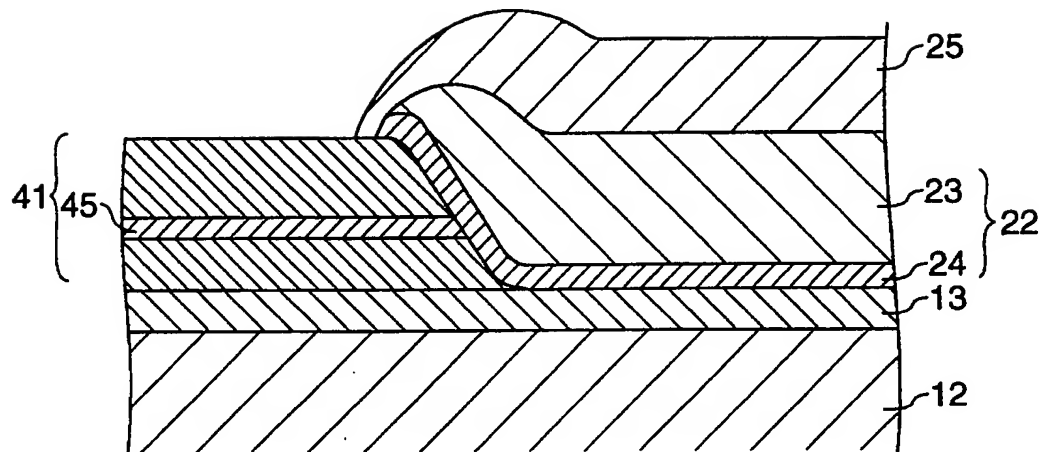


FIG. 20

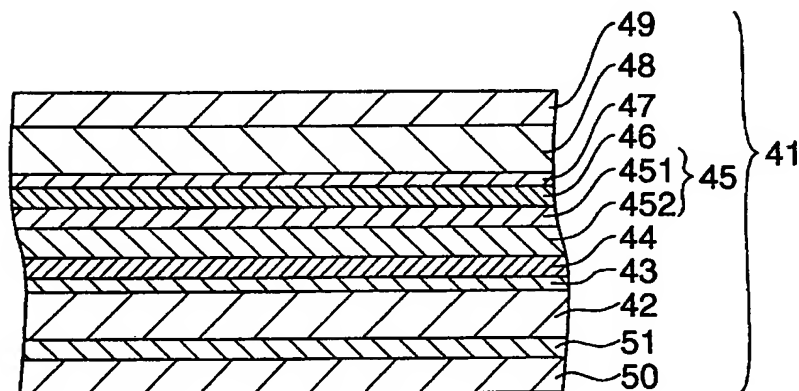


FIG. 21

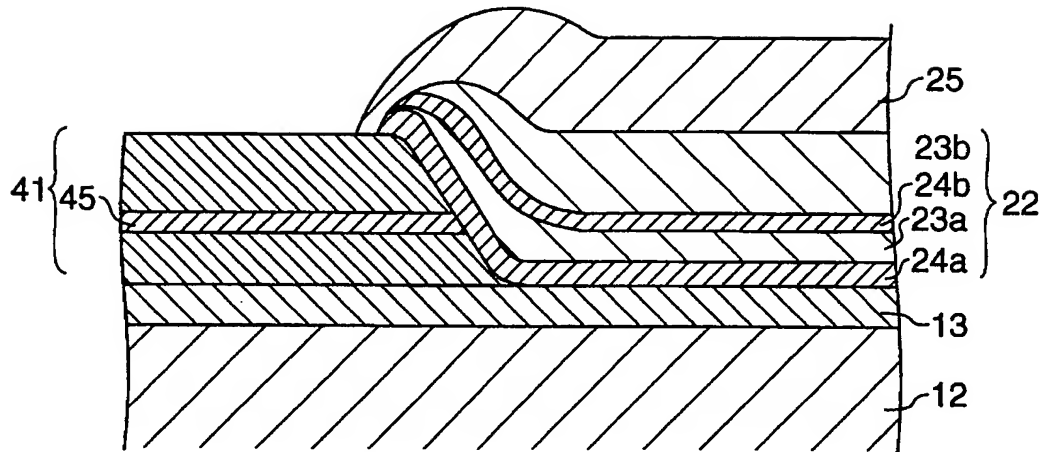


FIG. 22

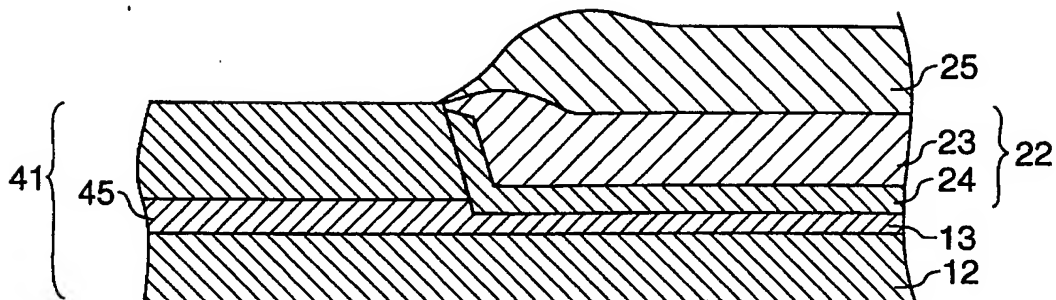


FIG. 23

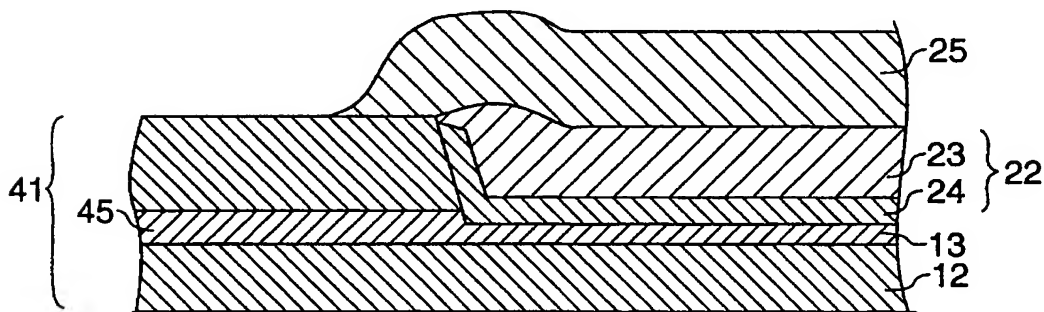


FIG. 24

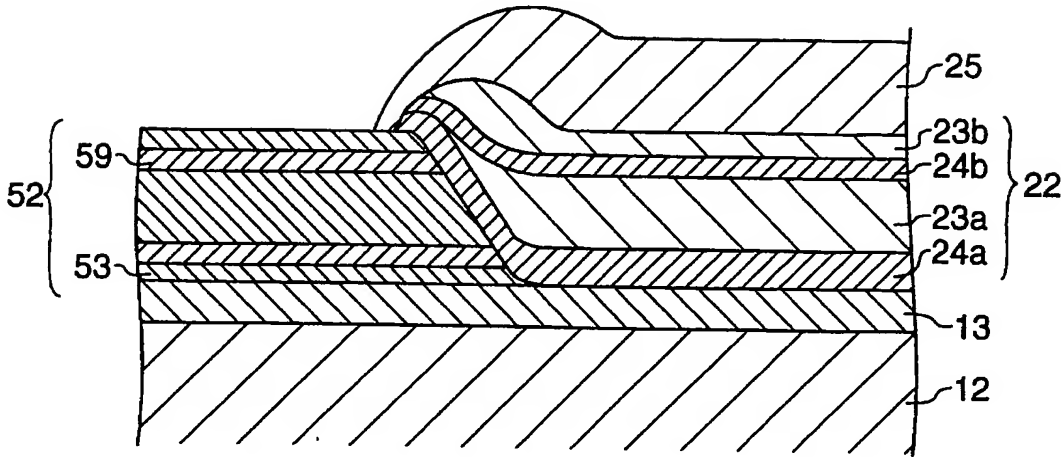


FIG. 25

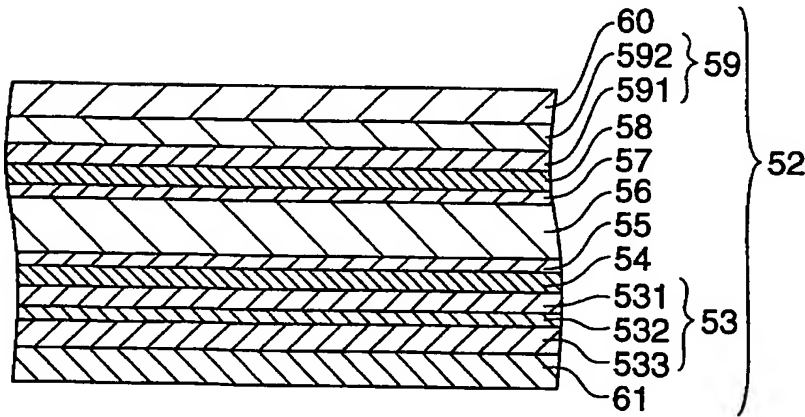


FIG.26

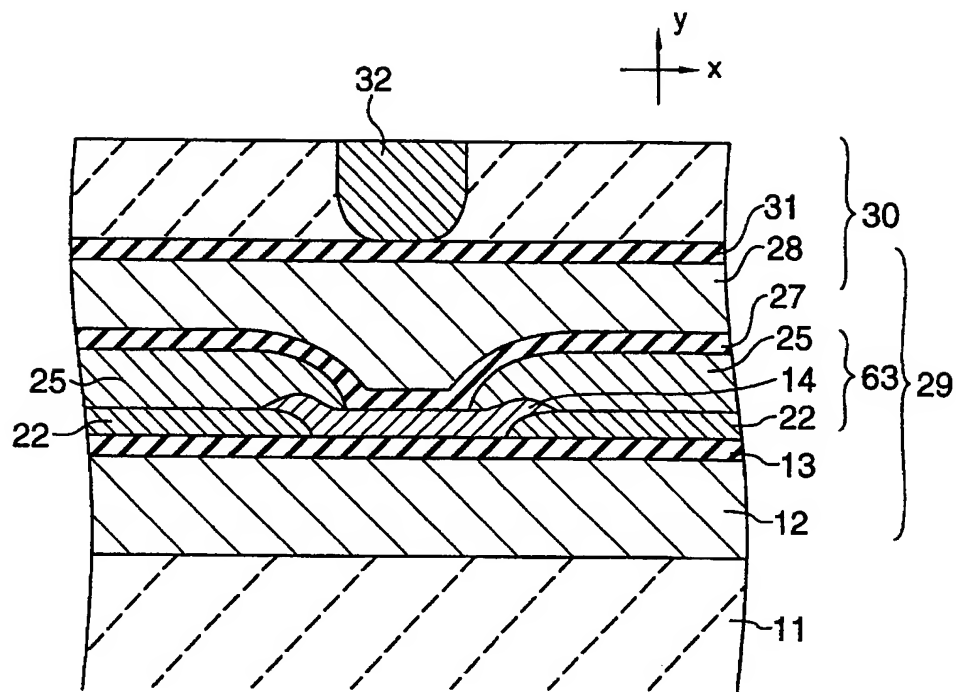


FIG. 27

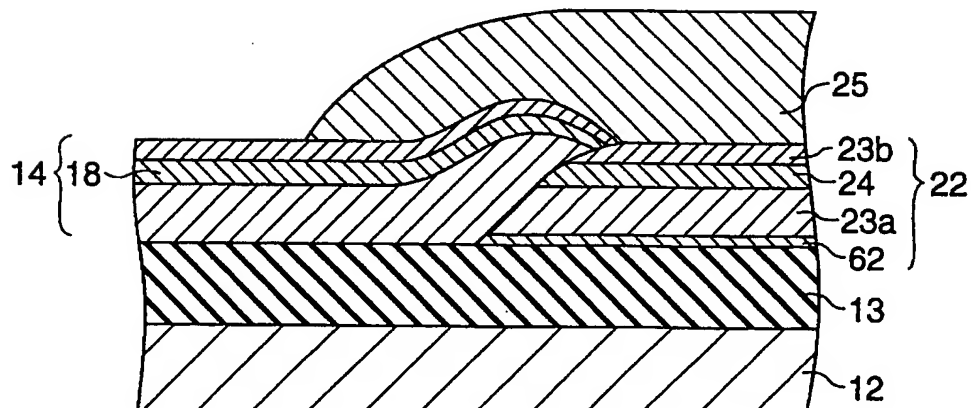


FIG.28

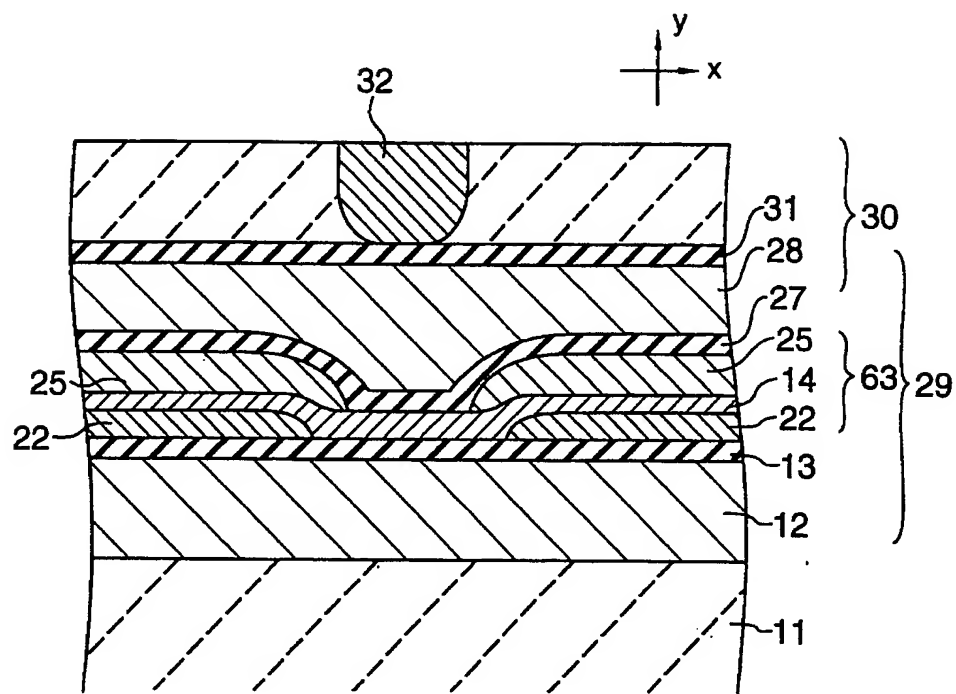


Diagram illustrating a cross-sectional view of a semiconductor device. The structure includes a substrate 12, a layer 13, a layer 62, and a layer 22. Layer 22 is composed of sub-layers 23a, 24, and 23b. A layer 25 is positioned above layer 22. A layer 41 is located on the left side, with a sub-layer 45. A curved layer is shown on top of layer 25.

FIG. 31

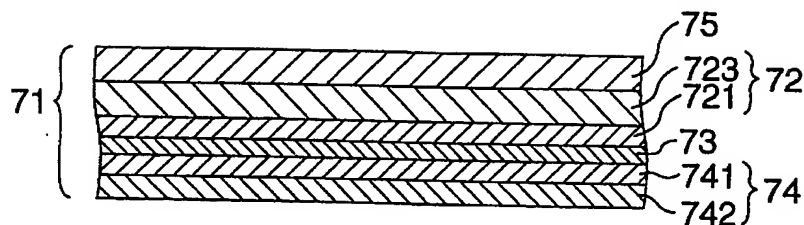


FIG. 32

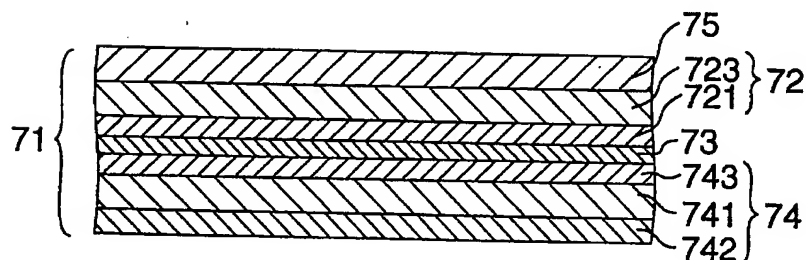


FIG. 33

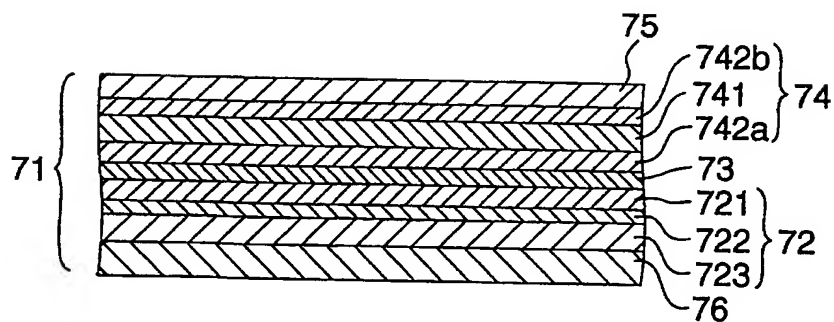


FIG. 34

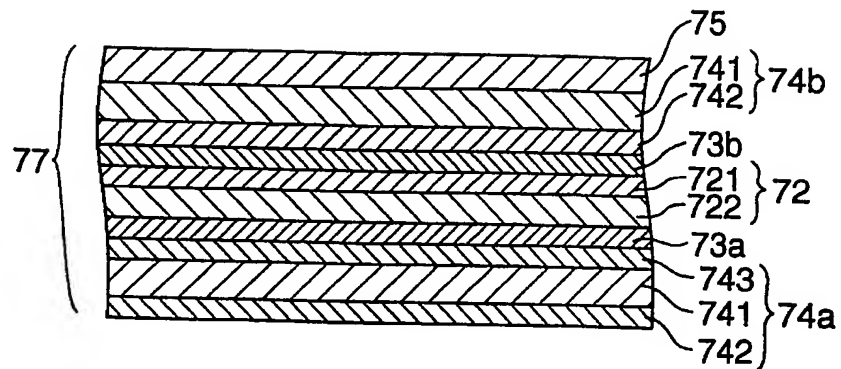


FIG. 35

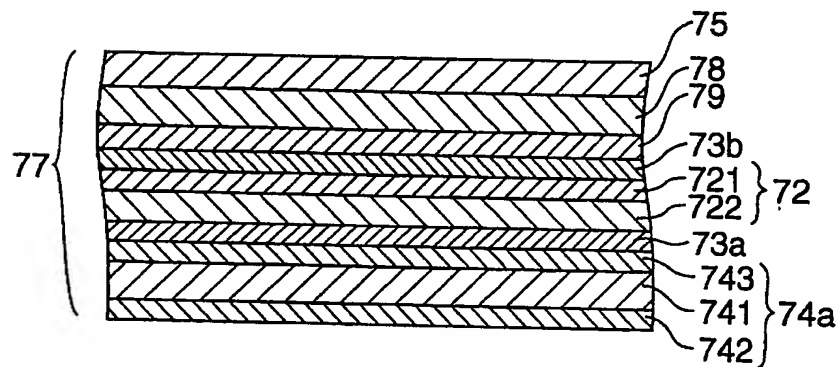


FIG. 36

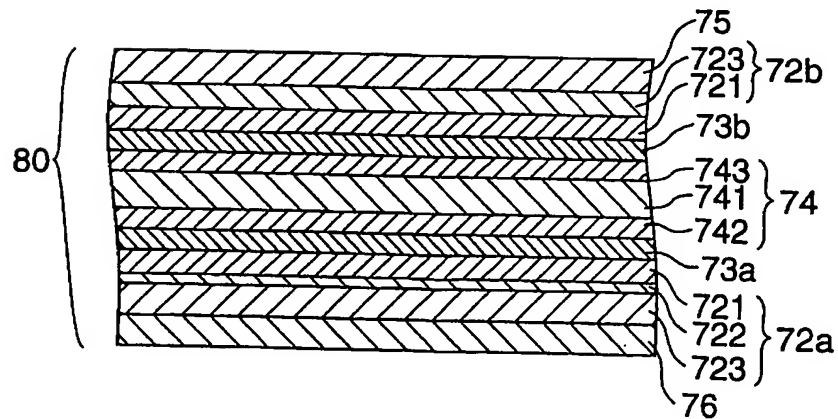


FIG. 37

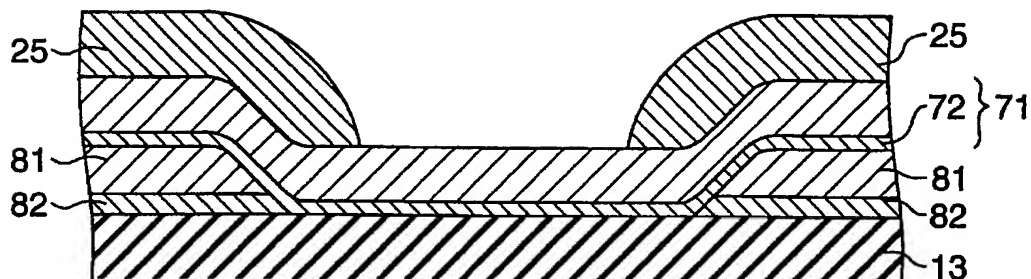


FIG. 38

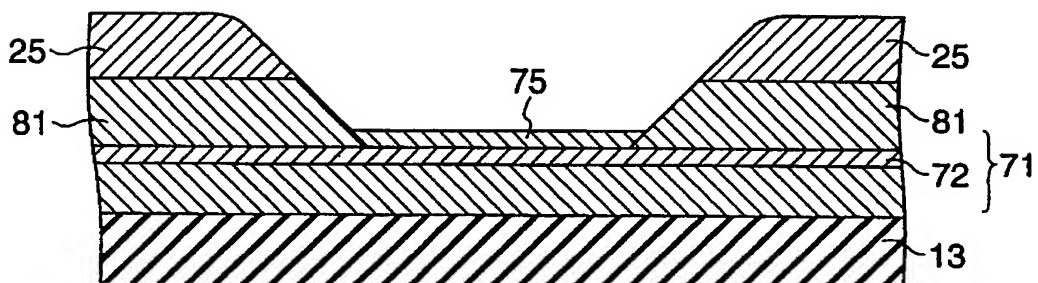


FIG. 39

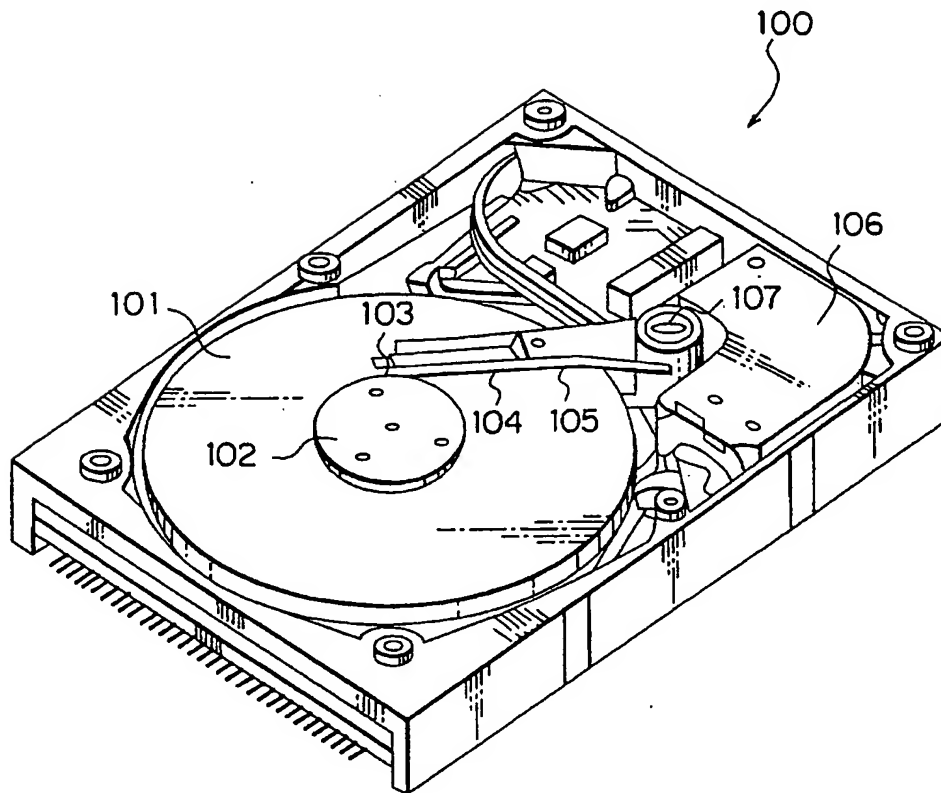


FIG. 40

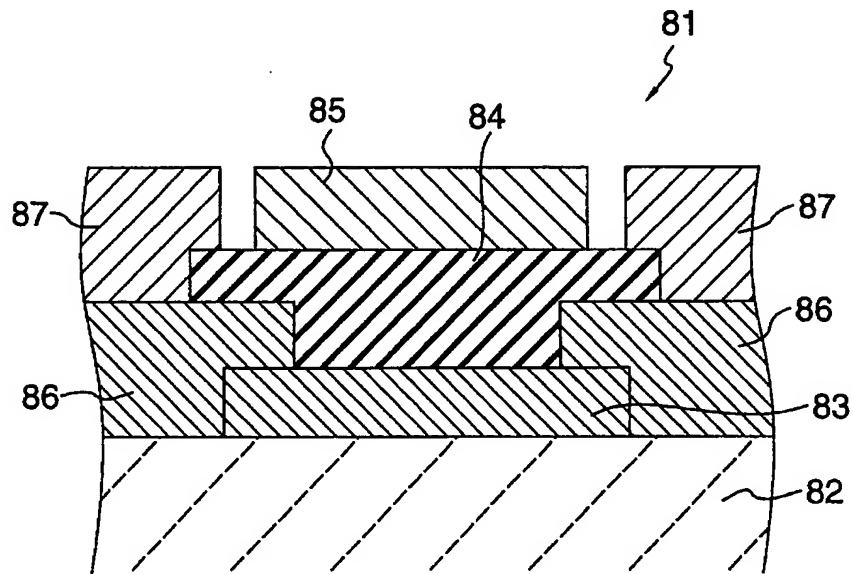


FIG. 41A

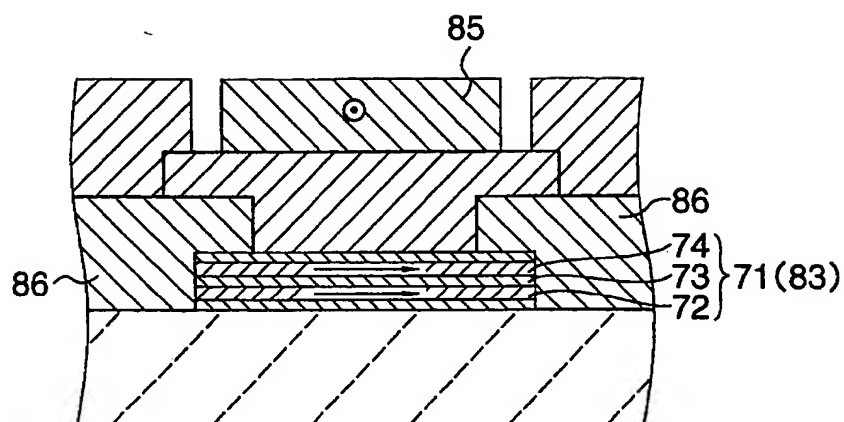


FIG. 41B

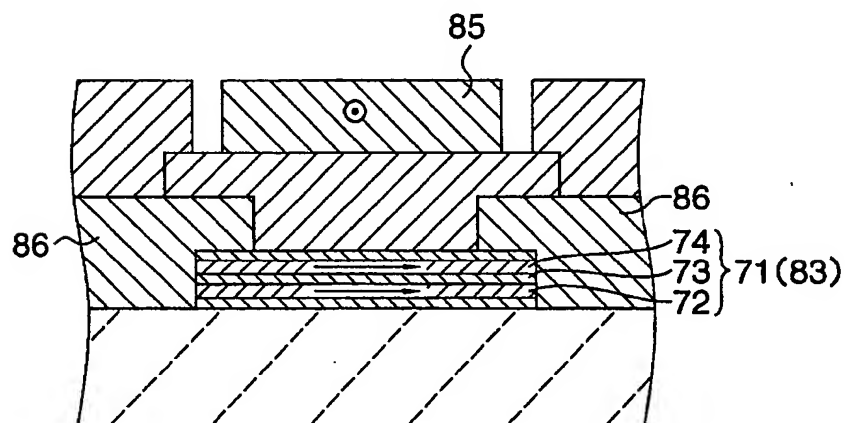


FIG. 41C

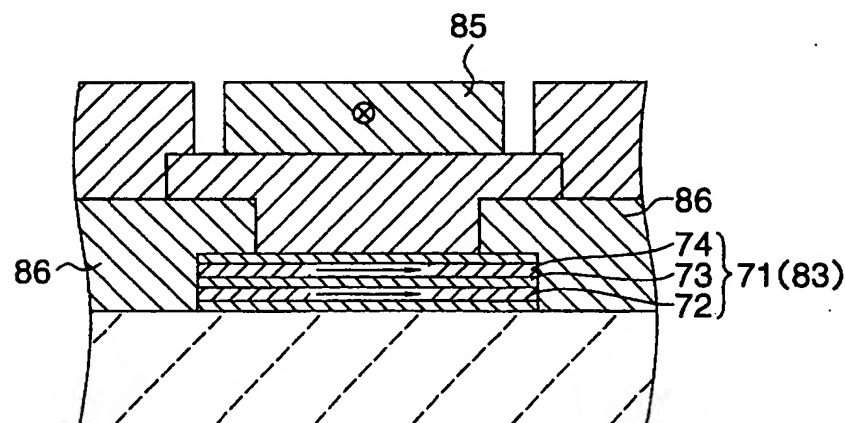


FIG. 42

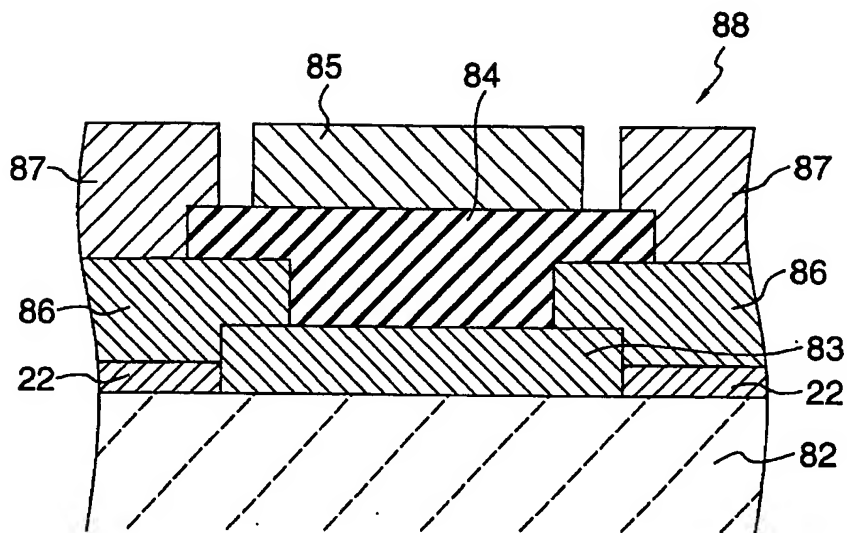


FIG. 43

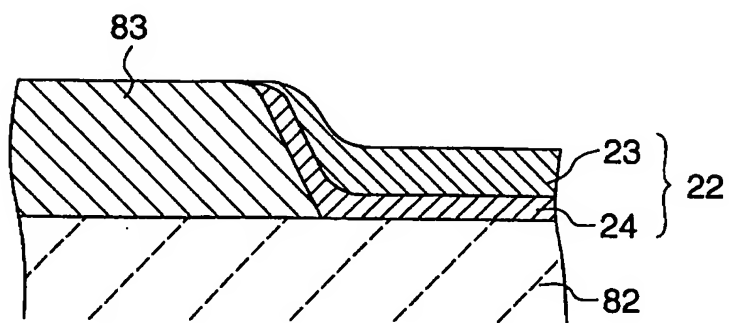


FIG. 44

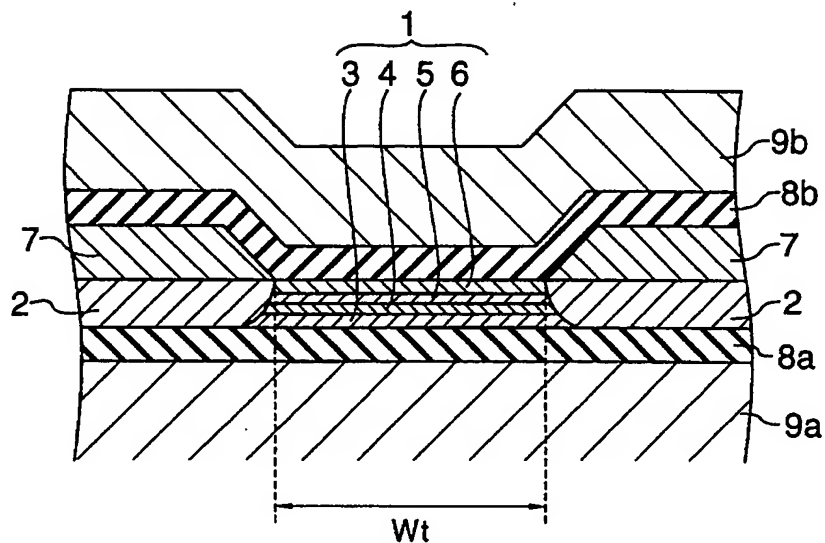


FIG. 45

